



جامعة مؤتة
كلية الدراسات العليا

تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في تحليل الخصائص
المورفومترية ودلالاتها الهيدرولوجية لحوض وادي عربة
جنوب الأردن

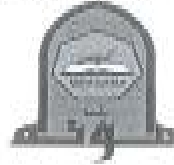
إعداد الطالب
هشام محمود الزيود

إشراف
الدكتور سظام سالم الشقور

رسالة مقدمة إلى كلية الدراسات العليا
استكمالاً لمتطلبات الحصول على درجة الماجستير
في نظم المعلومات الجغرافية GIS / قسم الجغرافيا

جامعة مؤتة، 2017

الآراء الواردة في الرسالة الجامعية لا تُعبر
بالضرورة عن وجهة نظر جامعة مؤتة



لعدد رقم (١٤)

قرار إجازة رسالة جامعية

تقرر إجازة الرسالة المقدمة من الطالب هشام محمود الزرود الموسومة بـ:

تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في تحليل الخصائص المورفومترية ودلالاتها

الهيدرولوجية لحوض وادي عربة جنوب الاردن

استكمالاً لمتطلبات الحصول على درجة الماجستير في نظم المعلومات الجغرافية.

القسم: الجغرافيا.

التاريخ	التوقيع	
٢٠١٧/٣/٢٧		د.سليمان سالم الشكور
٢٠١٧/٣/٢٧		أ.د.ابراهيم مطيع العرود
٢٠١٧/٣/٢٧		أ.د.صالح سلامة الكساسبه
٢٠١٧/٣/٢٧		د.هاني محمد الخصاونه



الإهداء

إلى روح والدي،،

إلى والدتي العزيزة،

إلى زوجتي وأشقائي وشقيقاتي وأبنائي الأعزاء،

إلى أعضاء هيئة التدريس في جامعة مؤتة والمركز الجغرافي الملكي،

إلى كل من ساهم في رفعة العلم وخدمته

هشام محمود الزيود

الشكر والتقدير

الحمد لله والشكر له على نعمته وفضله، ثم الشكر الجزيل للدكتور سطاتم سالم الشقور مشرفي ورئيس لجنة المناقشة الذي كان له الفضل الكبير في إنجاز هذا العمل، لما كان لملاحظاته من دوراً كبيراً في إخراج هذا العمل إلى النور، والذي وجهني خير توجيه، ولم يبخل علي من علمه ووقته.

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى أعضاء لجنة المناقشة، لتفضلهم بقبول مناقشة أطروحتي وهم: الأستاذ الدكتور إبراهيم العرود والأستاذ الدكتور صالح الكساسبة والدكتور عوني خصاونة.

كما أتقدم بجزيل الشكر إلى كافة أعضاء الهيئة التدريسية في قسم الجغرافيا في جامعة مؤتة والمركز الجغرافي الملكي لما قدموه لي من علم ومعرفة. والشكر الجزيل إلى كل من ساعد في إنجاز هذه الأطروحة، وأخص بالشكر مدير عام شركة (Intek Jordan) السيد (Khosrow Biglarbigi) والمدير الإقليمي السيد محمد أبو الراغب، وإلى كل من يشارك في تذليل الصعاب أمام طلبة العلم.

هشام محمود الزيود

فهرس المحتويات

الصفحة	المحتوى
أ	الإهداء
ب	الشكر والتقدير
ج	فهرس المحتويات
هـ	قائمة الجداول
و	قائمة الأشكال
ز	الملخص باللغة العربية
ح	الملخص باللغة الإنجليزية
1	الفصل الأول مشكلة الدراسة وأهميتها
1	1.1 المقدمة
1	1.2 مشكلة الدراسة
2	1.3 أهداف الدراسة
3	1.4 أسئلة الدراسة
3	1.5 أهمية الدراسة ومبرراتها
3	1.6 منطقة الدراسة
5	1.7 العوامل الطبيعية
7	الفصل الثاني الإطار النظري والدراسات السابقة
7	2.1 الخصائص المورفومترية
8	2.2 أنظمة التصريف المائي
9	2.3 النظام الهيدرولوجي
10	2.4 نظم المعلومات الجغرافية
11	2.5 الدراسات السابقة
15	الفصل الثالث المنهجية والتصميم
15	3.1 مصادر البيانات
15	3.2 منهجية الدراسة

16	3. 2. 1 تحليل الخصائص الشكلية
17	3. 2. 2 تحليل الخصائص التضاريسية
19	3. 2. 3 تحليل خصائص شبكة التصريف
21	3. 2. 4 استخراج الدلالات الهيدرولوجية
22	3. 2. 5 نموذج سنايدر الهيدرولوجي
27	الفصل الرابع: تحليل النتائج ومناقشتها
27	4. 1 الخصائص المورفومترية
27	4. 1. 1 الخصائص المساحية
29	4. 1. 2 الخصائص الشكلية
31	4. 1. 3 الخصائص التضاريسية
42	4. 1. 4 خصائص شبكة التصريف المائي
50	4. 2 الخصائص الهيدرولوجية
61	4. 3 النتائج والتوصيات
61	النتائج
65	التوصيات
66	المراجع

قائمة الجداول

الصفحة	عنوانه	رقم الجدول
36	المساحات النسبية للارتفاعات التراكمية لحوض وادي عربية الشمالي	1
38	المساحات النسبية للارتفاعات التراكمية لحوض وادي عربية الجنوبي	2
40	المساحات النسبية لفئات درجة الانحدار للحوض الشمالي	3
41	المساحات النسبية لفئات درجة الإنحدار لحوض وادي عربية الجنوبي	4
42	رتب مجاري حوض وادي عربية الشمالي	5
44	رتب مجاري حوض وادي عربية الجنوبي	6
46	نسب التشعب لحوض وادي عربية الشمالي	7
47	نسب التشعب لحوض وادي عربية الجنوبي	8
48	أطوال الرتب ونسبها لحوض وادي عربية الشمالي	9
49	بيانات أطوال الرتب ونسبها لحوض وادي عربية الجنوبي	10
60	ملخص نتائج نموذج سنايدر لحوض وادي عربية الشمالي والجنوبي	11

قائمة الأشكال

الصفحة	عنوانه	رقم الشكل
4	موقع منطقة الدراسة	1
28	مساحات حوض وادي عربية الشمالي والجنوبي	2
33	خارطة منسوب الارتفاعات لحوض وادي عربية	3
34	توزيع درجات الإنحدار للحوض الشمالي	4
35	توزيع درجات الإنحدار للحوض الجنوبي	5
37	المنحنى الهيسومتري لحوض وادي عربية الشمالي	6
39	المنحنى الهيسومتري لحوض وادي عربية الجنوبي	7
43	رتب مجاري التصريف المائي لحوض وادي عربية الشمالي	8
45	رتب مجاري التصريف المائي لحوض وادي عربية الجنوبي	9
52	توزيع معامل الرطوبة الطبوغرافي للحوض الشمالي	10
53	توزيع معامل الرطوبة الطبوغرافي للحوض الجنوبي	11
55	توزيع معامل نقل الرواسب للحوض الشمالي	12
56	توزيع معامل نقل الرواسب للحوض الجنوبي	13

المخلص

تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في تحليل الخصائص المورفومترية ودلالاتها الهيدرولوجية لحوض وادي عربة جنوب الأردن

هشام الزيود

جامعة مؤتة، 2017

هدفت هذه الدراسة إلى التعرف على الخصائص المورفومترية ودلالاتها الهيدرولوجية لحوض وادي عربة في جنوب الأردن، بالإضافة إلى تحليل خصائص شبكة التصريف المائي، وبناء نموذج هيدرولوجي للحوض حسب طريقة Snyder، كما هدفت الدراسة إلى حساب معامل الرطوبة، وتحديد مناطق تجمع الرواسب في الحوض المائي لوادي عربة.

ولتحقيق أهداف الدراسة فقد تم الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، المشتق من مرئيات القمر الصناعي (ASTER)، وبدقة تمييزية بلغت (30م)، بالإضافة إلى الاعتماد على برامج نظم المعلومات Arc Map10.4.1، لإجراء التحليلات المكانية، وحساب الخصائص المورفومترية وبناء النموذج الهيدرولوجي.

وقد بينت النتائج أن وادي عربة يتكون من حوضين مائيين مستقلين تماماً، الأول يصب شمالاً في البحر الميت، والثاني جنوبي ينتهي في خليج العقبة، كما تبين أن الحوضين الفرعيين من الأحواض ذات الشكل المفلطح غير المنتظم، وبينت الدراسة أن حوض وادي عربة في مراحل الحتية المتقدمة، كذلك كانت نسبة المناطق المنخفضة من الحوض الأوسط والأدنى أعلى من نسبة مساحات المناطق في الحوض الأعلى.

Abstract
**The application of Geographic Information System in the analysis
of morphometric and hydrological characteristics
for Wadi Araba Basin Southern Jordan**

Hisham Al Zyood
Mutah University, 2017

This study aimed to identify the morphometric and hydrological characteristics of Wadi Araba basins, to analyze the drainage network characteristics, and create a hydrologic model of the basin based on Snyder's model, as well as to determine the moisture soil occurrences, and areas of sediment accumulation in the basin.

To achieve these objectives, digital elevations DEM derived from satellite ASTER with spatial resolution of 30 meters has been used. In addition to, the GIS software Arc Map10.4.1 has used to conduct spatial relationships of morphometric characteristics and to build a hydrological model.

The results showed that Wadi Araba consists of two separate watershed basins: the first one extends to northward of the Dead Sea, the second one extends south to the Gulf of Aqaba. The two basins have a concave shape. The study showed that Wadi Araba is in its advanced erosion stage. The lower zones have larger proportion than those situated in the upper catchment area.

الفصل الأول مشكلة الدراسة وأهميتها

1.1 المقدمة

تُعدّ الأحواض المائية وأنظمة الأودية الجافة من أكثر البيئات الجغرافية المستهدفة بالدراسات المورفومترية والهيدرولوجية؛ نظراً لقيمتها الاقتصادية في مجال تنمية استغلال الموارد المائية، إذ أن الأنظمة الهيدرولوجية تتركز بشكل مباشر على الخصائص المورفومترية للأحواض المائية، كما أن الخصائص المورفومترية تشكل مصدراً رئيسياً لتطوير مشاريع الموارد المائية، مثل الحصاد المطري ومشاريع السدود المائية ومشاريع تطوير الغطاء النباتي وغيرها. إن معظم الدراسات الهيدرولوجية تعتمد على بناء قاعدة بيانات للقياسات المورفومترية قبل الشروع بدراسة الخصائص الهيدرولوجية أو الشروع بتنفيذ المشاريع التي تعتمد عليها.

وتتنوع الظواهر الطبيعية والطبوغرافية في الأردن، ومن أهم هذه الظواهر الأخدود الأردني، لغناه بالأنظمة المورفومترية والهيدرولوجية، والذي يمثل نموذجاً مثالياً للنضج الجيولوجي والطبوغرافي على حد سواء بخصائصه ومظهره الطبوغرافي.

ركزت معظم الدراسات التي تناولت حوض وادي عربة على أصول تكوينه الجيولوجي وبيئات ترسيبه، إلا أن الدراسات المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي عربة لم تكن بالقدر الكافي، لذا فقد جاءت هذه الدراسة لبناء قاعدة بيانات رقمية للخصائص المورفومترية وإنشاء نموذج هيدرولوجي عن طريق توظيف نظم المعلومات الجغرافية.

1.2 مشكلة الدراسة

يوجد دلائل بيئية وجيولوجية تشير إلى ارتباط الخصائص المورفومترية ارتباطاً مباشراً بالمصادر المائية لحوض وادي عربة، وأن شبكة التصريف السطحي لحوض وادي عربة تعرض لمؤثرات طبيعة، كالتضاريس والمناخ

والتركيب الجيولوجي والاستخدامات البشرية التي تنعكس سلباً على موارد المياه السطحية والجوفية.

ويعد قياس وتحليل شبكة التصريف المائي من المهمات الأساسية في الدراسات المورفومترية، وهي في غاية الأهمية للعديد من التطبيقات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية، كما أن خصائص حوض وادي عربة تحمل دلالات هامة لحركة المياه السطحية وكمياتها وسرعة تدفقها، تمثل هذه القياسات العنصر الهيدرولوجي لتحديد معايير تصميم المنظومة الهيدروليكية، إذ يعد وادي عربة أحد الأودية الجافة في الأردن ويمثل حوضاً غير متناظر الشكل والتكوين.

تعتبر الأمطار التي تسقط خلال الموسم المطري المصدر الرئيس للمياه السطحية الجارية في الحوض، كذلك الحال بالنسبة للمياه الجوفية، التي تعتمد على مياه الأمطار المتسربة من المياه السطحية، لذا فإن كميات المياه الجارية في الحوض تتذبذب من سنة لأخرى ومن فصل لآخر؛ تبعاً لكميات الأمطار الهائلة وموسمها.

إن منطقة الدراسة تقع مناخياً ضمن المنطقة الجافة من الأردن، الأمر الذي يدل على أن الحوض نشأ في ظل أحوال مناخية متغيرة تعود إلى بداية الزمن الرباعي، ورسمت ملامحه الشبكة النهرية، لذلك فإن أهمية الدراسة تكمن في البحث في الجانب المورفومتري والهيدرولوجي، إذ يُعد تأثير الخصائص الطبيعية كبيراً في تشكيل حوض وادي عربة.

1.3 أهداف الدراسة

تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق الأهداف الآتية:

1. تحديد الخصائص المورفومترية المساحية والشكلية والتضاريسية لحوض وادي عربة.
2. استخراج المنحنى الهيسومتري لحوض وادي عربة.
3. تحليل شبكة التصريف المائي في حوض وادي عربة.

4. استخراج معامل الرطوبة وتحديد مناطق تجمع الرواسب في حوض وادي عربية.

5. بناء نموذج هيدرولوجي حسب طريقة سنايدر لحوض وادي عربية.

1. 4 أسئلة الدراسة

تتلخص أسئلة الدراسة فيما يلي:

1. ما هي الخصائص المورفومترية لحوض وادي عربية ؟
2. ما هي الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي عربية حسب نموذج سنايدر؟
3. ما هي المراحل التي مرت بها الدورة الحثية لحوض وادي عربية ؟

1. 5 أهمية الدراسة ومبرراتها

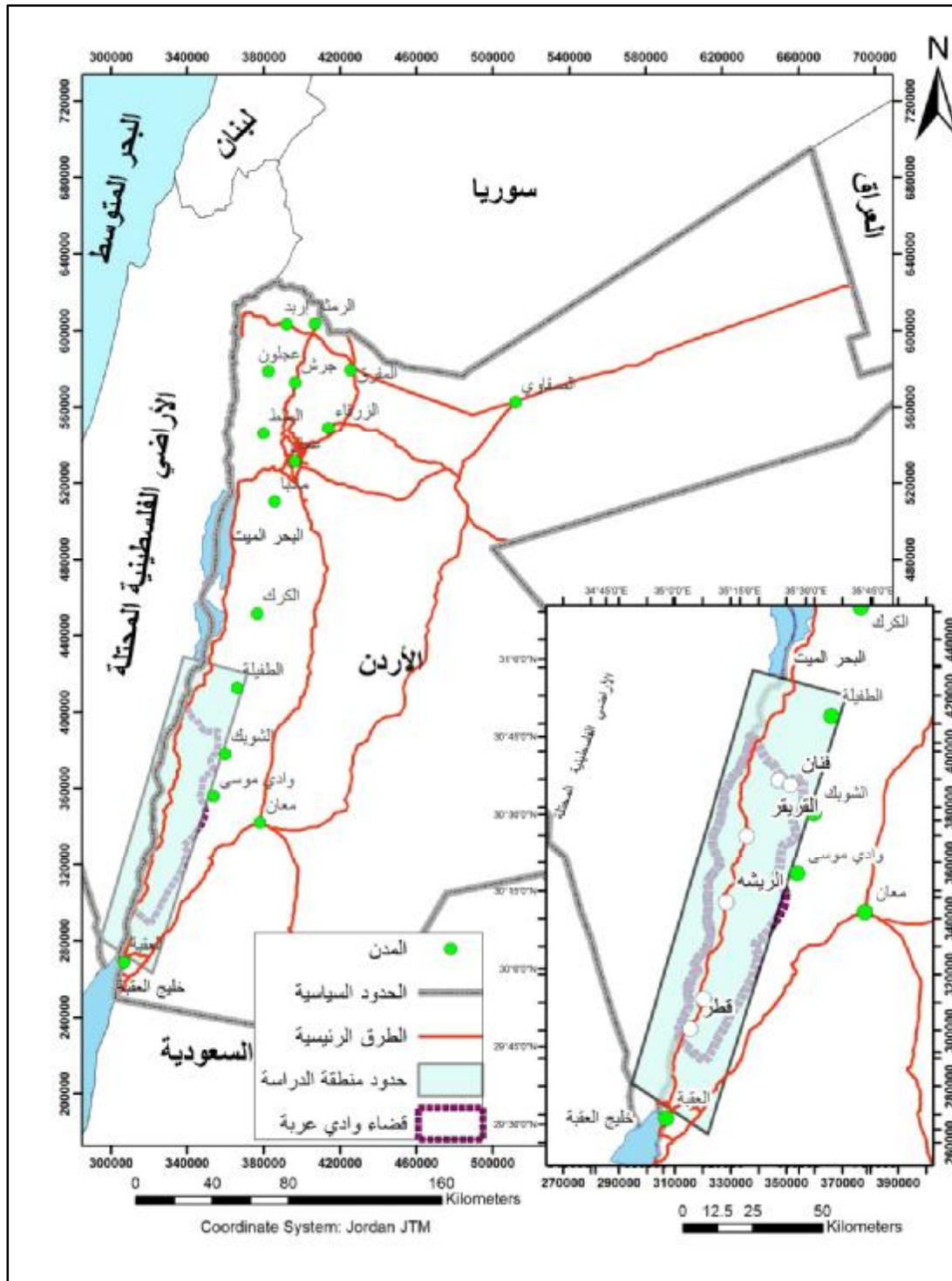
تأتي أهمية هذه الدراسة من خلال النقاط التالية:

1. دورها في التخطيط للمشاريع التنموية والبنية التحتية من خلال إثراء مصادر البيانات بالمعلومات المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي عربية.
2. أهميتها في تقييم خطورة الفيضانات على التجمعات السكانية في حوض وادي عربية.
3. توفير نموذج هيدرولوجي لتقييم الموارد المائية السطحية في الفصول الماطرة في حوض وادي عربية.

1. 6 منطقة الدراسة

1. 6. 1 الموقع الجغرافي والفلكي

يشكل وادي عربية الجزء الجنوبي من الأخدود الأردني، ويطغى عليه الطابع الصحراوي، ويشكل امتدادًا للأخدود الأردني ليتكون من التقاء نهر اليرموك مع نهر الأردن حتى خليج العقبة، حيث يقع ضمن الإحداثيات الفلكية لخطي طول (35° 40' 3") و(35° 0' 30") ودائرتي عرض (30° 47' 44.5") و (29° 40' 29") (1.0") كما في الشكل رقم (1).



شكل رقم (1)
موقع منطقة الدراسة

المصدر: عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1

1. 7 العوامل الطبيعية

أ. الخصائص المناخية

يقع وادي عربة ضمن المناخ الصحراوي، حيثُ يبلغ المعدل السنوي العام لدرجات الحرارة حوالي (24°) درجة سيليسوس، وتتجاوز درجة الحرارة صيفاً (45°) درجة سيليسوس، بينما لا تقل شتاءً عن الصفر، كما وتتسم المنطقة بتدني معدلات هطول الأمطار في فصل الشتاء، حيثُ لا تزيد أمطارها عن (50 ملم/السنة) ، ويبلغ معدل التبخر السنوي العام في الوادي (3500 ملم/السنة). (وزارة التخطيط، 2015).

ب. الخصائص الجيولوجية

يغلب على جيولوجية منطقة الدراسة صخور (Granite) من نوع (Granitoids) والذي يُعرف جيولوجياً بـ (Aqaba Complex)، ويرجع عمره إلى زمن الحياة الخافية المتأخرة، والتي تتراوح في تركيبها بين (Quartz diorite) إلى (Syenogranite)، وهي ممثلة بوحدات جيولوجية أهمها وحدة رحمة، والتي تتكون من صخور (Granitoids)، بالإضافة إلى وحدة صخور (Granodiorite Alroman) التي تعتبر أحدث الأطوار بعد الحركات البانية للصخور، بالإضافة لوحدة صخور المهثدي التي تتشكل من صخور (Quartz diorite-Biotite) في الجزء الشمالي الغربي من منطقة وادي عربة، وكذلك وحدة الملقان، وهي عبارة عن (Biotite) و (Monzogranite) صخور بيضاء اللون مبرقعة ناعمة إلى متوسطة الحبيبات، و تتكشف وحدة (Yotum Granite) وهي الأحدث من حيثُ العمر الجيولوجي والأهم من حيثُ الأطوار الاندفاعية المعروفة، حيثُ يمثلُ الجزء المنخفض من الوادي بيئة ترسيبية قارية نهريّة مغطاة بحصى بأحجام مختلفة، تكوّن قاع الوادي فوق رواسب الوديان، والمؤلف من رمل وحصى على شكل مراوح نهريّة، أما بالنسبة للجيولوجيا التركيبية لوادي عربة فإن الصدوع العمودية وشبه العمودية تشكل غالبية التراكيب الإقليمية بالمنطقة، كما توجد في الصخور المتبلورة في (Aqaba Complex) ضمن وادي عربة نطاقات قص ثانوية وشبه ثانوية موازية للصدوع المتجهة شمال-جنوب

وهي تدل على حركة ذات اتجاه يساري حيثُ يغلب هذا الاتجاه على رميات الصدوع المتجهة في منطقة وادي عربة .(الرشدان،1987).

ج.الموارد المائية

أ -المياه السطحية: تعاني منطقة وادي عربة من شح في المياه السطحية؛ بسبب انخفاض معدلات سقوط الأمطار وتذبذبها، وتبلغ كمية مياه الفيضانات لجميع الأودية والسيول في منطقة وادي عربة حوالي (8) ملايين متر مكعب سنوياً تقريباً، وتعتبر مياه الفيضانات مصدراً مائياً هاماً للمنطقة؛ لإمكانية استغلالها في حقن المياه الجوفية وزيادة المخزون منها، والتي تتوزع ما بين منطقة القريقرة، حيث المصدر الأكبر للمياه السطحية في وادي فينان وفدان و يتميز بنوعية مياه ممتازة وهي جارية على مدار السنة بمعدل (50 لتر/الثانية)، ومناطق أخرى مثل بير مذكور ووادي أبو خشبية و غرندل، وتستغل مصادر المياه السطحية من قبل المواطنين المحليين في زراعة الخضروات والأشجار. (وزارة التخطيط، 2015)

ب-المياه الجوفية: تم حفر حوالي (40) بئراً ارتوازيًا في أواخر السبعينيات ضمن محطات مشروع سلطة وادي الأردن في قرية رحمة، قاع السعديين، وبير مذكور، وأستغل من هذه الآبار لأغراض المشروع (8) آبار، وتبلغ الطاقة الإجمالية التقريبية لإنتاج هذه الآبار من المياه حوالي (600 م³/الساعة)، وتستغل الآبار لأغراض الزراعة والشرب.

كما ويوجد هنالك (14) بئراً ارتوازيًا واقعة ضمن المنطقة المستعادة والمؤجرة حسب اتفاقية السلام وتبلغ طاقتها السنوية حوالي (10) ملايين متر مكعب. (الجمعية الألمانية،2013)

الفصل الثاني

الإطار النظري والدراسات السابقة

2.1 الخصائص المورفومترية

تعرف الخصائص المورفومترية بأنها قياسات هندسية للأحواض المائية، والتي تهتم بدراسة الروافد والرتب النهرية للحوض، وأبعادها الهندسية كونها ترتبط بشبكة التصريف المائي للحوض، تعتمد دقة التحليل المورفومتري على دقة رسم اتجاه ومسار الروافد النهرية وتحديد محيط الحوض وموقعه الجغرافي بالنسبة للأحواض المجاورة الرئيسية والثانوية ضمن نظام التصريف المائي الكلي للوادي. (علاجي، 2010).

وتشمل الخصائص المورفومترية أبعاد الحوض الرئيسية التي تشمل مساحة الحوض ومحيطه وعرضه، بالإضافة لطوله وكذلك الخصائص الشكلية مثل: معامل الشكل، الاستدارة والاستطالة، بالإضافة للتضاريس النسبية ومعامل الانحدار التي تتكامل جميعها مع تحليل الشبكة النهرية لحوض التصريف من حيث: التفرع والتشعب لتشكل بمجملها مجموعة الخصائص المورفومترية التي تُبنى عليها تحاليل استخلاص النماذج الهيدرولوجية لدراسة الفيضانات وتقييم خطورتها.

وتعتبر القياسات المورفومترية قاعدة البيانات الكمية الضرورية لأية دراسة تهدف إلى تصميم النماذج الهيدرولوجية بأحواض التصريف؛ لتوفر القياسات الضرورية للأشكال الأرضية التي تجعل تصميم النماذج الرياضية المناسبة لها أمراً ممكناً من الناحية التطبيقية، ويقدم التحليل المورفومتري كثيراً من المعطيات الكمية المتعلقة بعناصر الشبكة المائية المختلفة من حيث نوع، شكل، وعدد المتغيرات المورفومترية المركبة لها، ونظراً للارتباط الكبير بين خصائص الشبكة المائية والخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف فإن دقة التحليل المورفومتري تساعد في استقصاء العديد من البيانات الهيدرولوجية لأحواض التصريف، كما دلت عليه الكثير من الدراسات المماثلة. (محسوب، 2001)

2.2 أنظمة التصريف المائي

تُصنف أنظمة التصريف المائي إلى عدة أصناف أهمها النظام البسيط، ويظهر في الأودية التي تحدث بها الفيضانات مرة واحدة، ونظام التصريف المعقد من الدرجة الأولى وهو نظام مزدوج تحدث به الفيضانات مرتين؛ مرة عند هطول الأمطار، ومرة أخرى عند ذوبان الثلوج، أما النوع الأخير يعرف بنظام التصريف المعقد من الدرجة الثانية ويمر مجراه بمناطق ذات خصائص مناخية متنوعة وتصب فيه روافد عديدة، ولكل رافد نظام خاص به مما يسهم في إدامة التصريف فيه حتى في الفصول الجافة. (الدليمي، 2000)

تتباين أنماط وأشكال التصريف المائي من مكان لآخر اعتماداً على عدة عوامل منها طبيعة انحدار السطح وتراكيبه الصخرية، بالإضافة لنوع المناخ السائد وأثر الحركات التكتونية وما ينتج عنها من التواءات وانكسارات تتعكس أثارها على نظام التصريف، حيثُ تتحكم طبيعة التضاريس ومكوناتها بنوعية التصريف المائي. وقد ظهرت أنماط متميزة في المناطق الجبلية والهضبية والمنبسطة، ومن أشهرها النمط الشجري في المناطق الصخرية المتجانسة البنية والتركيب، إذ تلتقي الروافد مع بعضها البعض مكونة زوايا حادة وتكون ذات روافد كثيرة وقصيرة بحيث تشبه الشجرة. (الدليمي، 2000)

تتضمن دراسة أنظمة الأودية دراسة أقسامه الرئيسية، حيثُ يتم تقسيم الوادي إلى عدة قطاعات، منها: القطاع الأعلى الذي يتميز بشدة الانحدار وسيادة عمليات النحت الرأسية (Vertical Erosion)، وهي تنحصر في مجرى ضيق يأخذ شكل مقطع العرضي الحرف (V) وهو ما يُعرف بالنهر الشاب، أما القطاع الأوسط الذي يمتاز بانحدار أقل تزداد فاعلية النحت فيه، حيثُ يكون أكثر وضوحاً وتأثيراً، أما قطاع السهل الفيضي (Flood Plain) الذي يمتاز بانحدار قليل باتجاه المصب مع حدوث نوع من التوازن بين معظم عوامل النحت والترسيب. (محسوب، 2001)

2.3 النظام الهيدرولوجي

ويعرّف بأنه علم دراسة الدورة المائية السطحية والجوفية ضمن الأودية وشبكات التصريف المائي وخصائصها من حيث: كمية التصريف وحجم السعة التجميعية للأحواض ومعدل الجريان والمنبع وشبكات التصريف المائي السطحية، لذا فإن الاتجاه العام لعلم الهيدرولوجيا هو دراسة المياه فوق وتحت سطح الأرض كمياه وديان وانهار، وبخار ماء، وهطول بأشكاله وأنواعه المختلفة، ورطوبة التربة وكمياه جوفية، وبذلك يهتم علم الهيدرولوجيا أساساً بالمياه سواءً أكانت هذه المياه على سطح الأرض أو في باطنها أو موجودة في الغلاف الجوي المحيط، وذلك من خلال عمليات وطرق تكوينها وتوزيعها، ويعالج علم الهيدرولوجيا الموضوعات والمشاكل العلمية المتعلقة بثبات التوازن الهيدرولوجي وإدارة الموارد المائية والمحافظة عليها. (البسام، 2013).

وقد بدأت الدراسات حول عملية تحويل الهطول المطري إلى جريان سطحي منذ النصف الثاني من القرن التاسع عشر، وبدأ العديد من الباحثين في إيجاد معادلات تمثل العلاقة بين المطر والجريان مثل معادلة الباحث الأمريكي (Kuichling)، واستخدمت هذه المعادلة في التطبيقات الهندسية لتقدير أقصى تصريف، وفي عام (1932) جاءت نظرية وحدة الهيدروغراف Unit Hydrograph للعالم Sherman في إيجاد العلاقة بين المطر والجريان لحوض نهر معين، لحساب تغير تصريف النهر مع الوقت لفترة زمنية محددة من الهطول، عندما يكون عمق المطر المؤثر وحدة عمق واحدة (سنتيمتراً واحداً أي ما يعادل 10 ملم) ومن هنا جاءت تسمية وحدة الهيدروغراف، وقد تنوعت هذه الطرق بتنوع البيانات والأنظمة المستخدمة في إيجاد العلاقة بين المطر والجريان، ومن أشهرها الطرق التي استخدمت بيانات حوض النهر فقط، أي القياسات المورفومترية وخصائصه الشكلية مثل طريقة (Snyder)، وهي من الطرق الشائعة وتعطي نتائجها بشكل دقيق في غياب بيانات أو قياسات لمحطات هيدرولوجية، حيث تقوم هذه الطريقة على بناء نموذج هيدرولوجي للأودية الجافة التي لا تتوفر فيها محطات الرصد المطري، من خلال معادلات رياضية تعتمد على مخرجات الخصائص المورفومترية مثل طول

الحوض وأقصى عرض ومعدل انحداره، ويتكون النموذج بشكله النهائي من مخرجات رقمية لكمية التدفق وحجمه والفترة الزمنية التي تلزم تصريف التدفق المائي في الحوض. (الدليمي، 2000).

2. 4 نظم المعلومات الجغرافية

تطورت نظم المعلومات الجغرافية في المجالات والتخصصات المختلفة مثل: التخطيط العمراني وحماية البيئة واستخدامات الأراضي وإدارة المرافق وغيرها؛ بسبب قدرتها على تنظيم وتحليل المعلومات الجغرافية، حيث تمتاز بإمكانية الربط بين البيانات المكانية والوصفية، وكذلك القدرة على التعامل مع عدة طبقات من البيانات في وقت واحد، كذلك المساهمة في دعم اتخاذ القرارات من خلال أدوات التحليل، ومن أشهرها ما يعرف بأدوات التحليل المكاني وهو تطبيق منهجية التحليل في تقييم المعالم الجغرافية والعلاقات المكانية فيما بينها، وتشمل موقع الظاهرة، ونمط توزيعها، وتحديد مستوى وكمية العلاقات المكانية بينها، وتحليل السطوح الجغرافية والمستويات الطبيعية من حيث الاتجاه والميل والمناسيب الطبيعية.

ويتم معالجة التحليلات في نظم المعلومات الجغرافية من خلال أدوات التحليل المكاني، والتي تعرف بأنها منظومة برمجية مستقلة ضمن برمجيات نظم المعلومات الجغرافية، تعالج التحاليل الشرطية، والإزاحات، بالإضافة لمجموعة التحاليل الهيدرولوجية التي تعتبر الأدوات الرئيسية في استخلاص الخصائص المورفومترية لأنظمة الأودية الجافة وغير الجافة بناء على مرئيات الارتفاعات الرقمية.

ويوجد مجموعة كبيرة من الأدوات ضمن منظومة التحليل المكاني المساندة مثل تحليل السطوح الذي يغطي محاور استخلاص خطوط المناسيب، وتحاليل ميل السطوح والظلال والاتجاهات وغيرها بالإضافة لتحاليل إعادة التصنيف، والتوزيع النمطي والتحليل التقاربي والرياضي، وكذلك أدوات التحليل المكاني الإحصائي والتي تعرف بأنها منظومة تحليل إحصائي للتوزيعات المكانية في علاقات الظواهر فيما بينها، ومستويات الثقة العلائقية بين الظواهر والظواهر المجاورة لها، حيث تعالج من خلال منظومتها مجموعة كبيرة من التحاليل المكانية منها متوسط التقارب

والتجاور، القيم العليا والدنيا، تحليل أبعاد المسافات المكانية بالإضافة لتحاليل التوزيعات الطبيعية المكانية والمتوسط والوسيط المكاني وغيرها من التحاليل.

2. 5 الدراسات السابقة

يمكن تصنيف الدراسات السابقة التي استخدمت في الدراسة إلى ثلاثة أنواع، النوع الأول؛ دراسات تناولت الأحواض المائية في المناطق الجافة، ووظفت نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية، والنوع الثاني، دراسات تناولت الأودية النهرية التي تصب في منطقة الأخدود الأردني وتعرضت لخصائصها المورفومترية أو الهيدرولوجية، أما النوع الثالث، فهي دراسات استهدفت وادي عربة، لكنها لم تتناول خصائصه المورفومترية والهيدرولوجية.

2. 5. 1 الدراسات العربية

درس (المغازي، 2015) " الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسى باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية) "، تمحورت دراسة الباحث على دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسى، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية)، وقد هدفت الدراسة إلى استخلاص الخصائص المورفومترية المساحية والشكلية والتضاريسية لحوض وادي الحسى وأحواضه الفرعية، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، إضافة لتحليل خصائص شبكة التصريف المائي للحوض، حيث خلصت الدراسة إلى التوصية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في الدراسات المورفومترية لأحواض التصريف، وإجراء مزيد من الدراسات ومقارنة الأحواض النهرية في فلسطين لفهم خصائصها بشكل أعم.

كما درست (تيم، 2015)، "حوض وادي زقلاب -الأردن- دراسة جيومورفولوجية"، هدفت الدراسة إلى تحليل الخصائص الجيومورفولوجية، واستخراج الخصائص المورفومترية من خلال تحليل نموذج الارتفاعات الرقمي،

باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، من أجل الخروج بالمتغيرات والقياسات المورفومترية وتحليلها، والتعرف على الشبكة النهرية، كما خلصت الدراسة إلى التعرف على الشبكة النهرية وخصائصها المورفومترية.

دراسة (الحسيان وآخرون، 2015) " الخصائص المورفومترية لحوض نهر الزرقاء في الأردن باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ونموذج التضرس الرقمي " ركزت الدراسة على تحليل الخصائص المورفومترية لحوض نهر الزرقاء، من خلال الاعتماد على نموذج التضرس والمشتق من نموذج الارتفاعات الرقمي، وبينت نتائج الدراسة وجود تباين كبير في الخصائص الجيولوجية، والبنائية والمناخية والطبوغرافية ومساحات الأحواض والروافد المائية لحوض نهر الزرقاء، حيث عمدت الدراسة لتصنيف وتقسيم الحوض وعلاقته مع أخدود وادي الأردن، والمرتفعات الغربية للمملكة وتم تحديد شبكة الروافد ودراسة أطوالها والعلاقات المورفومترية فيما بينها.

دراسة (العلاجي، 2010) "تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية في حوض وادي يلملم - المملكة العربية السعودية"، تلخصت دراسة الباحثة بدراسة الخصائص المورفومترية لوادي يلملم في المملكة العربية السعودية، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وقد توصلت الدراسة إلى بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية في حوض وادي يلملم، والوصول إلى المدلول الهيدرولوجي لها، عن طريق دراسة الارتباط بين الخصائص المورفومترية وبعض المتغيرات الهيدرولوجية، كما حددت الدراسة شكل الحوض كمثلث قاعدته في المنابع ورأسه في المصب وانه يميل إلى الاستطالة، مما يقلل من احتمال حدوث الفيضان في أدنى الحوض، وقد أكد ذلك مجموعة الخصائص المورفومترية والمتغيرات الهيدرولوجية الأخرى، وأوصت الدراسة بضرورة تنظيم التدفق في الأحواض التي ترتفع فيها احتمالات حدوث الفيضان عن طريق إقامة الحواجز والسدود ومناطق تجمع المياه أسفل الأحواض.

دراسة (الزريقات، 2004) " مورفولوجية حوض وادي راجب " استهدفت دراسته منطقة حوض وادي راجب في محافظة عجلون، على طول سلسلة الجبال

الشمالية الغربية للأردن، والمتأثرة بالحركات التكتونية لحفرة الانهدام في وادي الأردن، حيث ركزت الدراسة على تحليل معامل الانحدار، ودورة في عمليات البناء والهدم الجيومورفولوجية وحصر العوامل والخصائص للحوض، وخلصت الدراسة إلى إعطاء وصف شامل للخصائص الطبيعية للحوض، قدمت عنها ملخصاً للموارد المائية والخصائص المورفومترية.

2.5.2 الدراسات الأجنبية:

دراسة (Le Beon,2012) "**Quaternary morphotectonic mapping of the Wadi Araba and implications for the tectonic activity of the southern Dead Sea fault**" تلخصت دراسته السابقة لوادي عربة حول الفالق التكتوني في العصر الرباعي للبحر الميت ووادي عربة حيث استعرض فالق البحر الميت، وحفرة الانهدام وأثره في تشكيل المراوح الفيضية، وطبيعة حركة الفالق بين الصفيحتين العربية و صفيحة سيناء، وحدد طول تأثير الفالق الناتج بحوالي (1000 كم) ممتد بشكل جانبي لطبيعة الحركة التكتونية وتفسيره لاتجاه حركة الرسوبيات النهرية على طول وادي عربة.

دراسة (El-Naqa,2009) "**Integrated Approach for Groundwater Exploration in Wadi Araba Using Remote Sensing and GIS**" والتي تمحورت الدراسة حول المياه الجوفية لوادي عربة، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، حيث استهدفت الدراسة الجزء الجنوبي والشمالي من الوادي، عن طريق تحليل المرئيات الفضائية، والقياسات الميدانية، ودراسة النظام الهيدرولوجي لمنطقة وادي عربة.

خلصت الدراسة إلى تحديد ستة مواقع كمصادر للمياه الجوفية، اعتماداً على العلاقات الاستكشافية مع الآبار الموجودة، ومواقعها وطبيعة التكوين الجيولوجي للمنطقة، وأوضحت الدراسة أن هناك العديد من المواقع ما زالت غير مستكشفة.

دراسة (Klinger,2000) "**Seismic behavior of the Dead Sea Fault Along Wadi Araba Jordan Valley**" والتي استهدفت دراسة فالق وادي عربة،

وقياس معدل الإزاحة الأفقية، حيثُ اعتمدت دراسته في تحديد معدل الإزاحة للفاالق على دراسة المراوح الفيضية، والرسوبيات النهرية، وتغيرها السنوي من حيث الشكل والاتجاه والتركيب المورفومتري. خلصت الدراسة إلى أن معدل حركة الفالق في وادي عربة يتراوح بين (2-6) ملم في السنة منذ عصر البلايستوسين الجيولوجي.

وقد تميزت هذه الدراسة عن باقي الدراسات السابقة بأنها أنشأت قاعدة بيانات جغرافية للحوض، تشمل خصائصه المورفومترية والهيدرولوجية، في ظل غياب محطات الرصد الهيدرولوجي التي يمكن الاعتماد عليها.

الفصل الثالث المنهجية والتصميم

3.1 مصادر البيانات

اعتمدت الدراسة في الحصول على البيانات اللازمة لها من عدة مصادر، حيث استخدمت الخارطة الطبوغرافية، والجيولوجية لمنطقة الدراسة بمقياس رسم (1:50000) لعمل تحديد أولي لمنطقة الحوض، وقد تم الحصول عليها من وزارة الطاقة والثروة المعدنية، كما اعتمدت على مرئية الارتفاعات الرقمية (DEM)، والتي تم الحصول عليها من القمر الصناعي (ASTER) بدقة أرضية بلغت (30) م.

3.2 منهجية الدراسة

اعتمدت الدراسة على المنهج التجريبي والتحليلي؛ بهدف تحليل البيانات الرقمية لمرئيات الأقمار الصناعية، وقد تم معالجة مرئية الارتفاعات الرقمية من خلال أدوات التحليل الرقمي لبرمجية نظم المعلومات الجغرافية (Arc Map 10.4.1)، ضمن أدوات (Spatial Analysis-Hydrology)، وشملت مجموعة من الأدوات والأوامر، من أهمها أدوات (Fill) لمعالجة أولية للمرئية.

تم تصحيح نموذج الارتفاعات الرقمي من القيم الشاذة. وعليه فقد تم إنتاج مرئية اتجاه الجريان من خلال تطبيق أداة التحليل (Direction Flow)، حيث مثلت كل خلية ناتجة قيمة اتجاه الجريان مع قيمة اتجاه الجريان في الخلية المجاورة، في حين كانت مرحلة إنتاج مرئية (Flow Accumulation) واستخراج رتب شبكة التصريف المائي (Stream Order)) وفق طريقة (Strahler) لحوض وادي عربة.

وقد تم تحديد الأحواض المائية الرئيسية والفرعية لوادي عربة، واتجاه التصريف ورتب مجاريها باستخدام أوامر التحليل المكاني (Watershed)، وتضمنت مرحلة نهائية لمعالجة أخطاء شبكة التصريف، كالتفرعات الثانوية المنفصلة عن الشبكة، والتي تعطي نتائج خاطئة لرتب المجاري وتم إنتاج مرئية حوض وادي عربة كمرحلة أولى لتحديد الخصائص المورفومترية .

3. 2. 1 تحليل الخصائص الشكلية

تمت معالجة مرئية الأحواض المائية لوادي عربة، وتطبيق منهجية التحليل الكمي من خلال أدوات التحليل الإحصائي، لتحديد أبعاد الحوض المورفومترية ليتم استخراج معامل شكل الحوض المورفومتري (Form Factor)، وقد مثل (Horton, 1932) معامل الشكل كميًا حسب المعادلة التالية:

$$F = \frac{A}{L^2} \dots \dots \dots (1)$$

حيثُ:

F : معامل شكل الحوض.

A : مساحة الحوض المائي (كم²).

L² : مربع أقصى طول للحوض المائي (كم).

كما تمت عملية حساب نسبة الاستدارة (Basin Circularity) لمحيط الحوض من حاصل قسمة مساحة الحوض على مساحة دائرة لها نفس المحيط الحوضي من معادلة (Miller, 1953):

$$R_c = \frac{4 \pi A}{p^2} \dots \dots \dots (2)$$

حيثُ:

Rc : معامل استدارة الحوض المائي.

A : مساحة الحوض المائي (كم²).

P : محيط الحوض المائي (كم).

π : النسبة التقريبية الثابتة (3.1416).

في حين استخلصت نسبة الاستطالة (Basin Elongation) لشكل الحوض من معادلة (Schumm, 1956):

$$E = \frac{2 \left[\frac{A}{\pi} \right]^{0.5}}{L} \dots \dots \dots (3)$$

حيثُ:

E : معامل الاستطالة للحوض المائي.

A : مساحة الحوض المائي (كم²).

L : أقصى طول للحوض المائي (كم).

π : النسبة التقريبية الثابتة (3.1416).

بينما تم استخراج نسبة التفلطح (Lemniscuses Ratio) للحوض، من قسمة أقصى طول للحوض المائي (كم) على مساحة الحوض المائي (كم²) مضروبة بالقيمة الثابتة (4) من معادلة (Chorley, 1957):

$$K = \frac{L^2\pi}{4A} \dots\dots\dots(4)$$

حيثُ :

K : نسبة التفلطح للحوض المائي.

L : أقصى طول للحوض المائي (كم).

A : مساحة الحوض المائي (كم²).

π : النسبة التقريبية الثابتة (3.1416).

3. 2. 2 تحليل الخصائص التضاريسية

تم تحديد حدود تضرس الحوض المائي بواسطة أداة التحليل المكاني (Overlay- Intersect) لمرئية الارتفاعات الرقمية، من خلال أداة التحليل (Add Surface Information)، ومنها تم حساب نسبة الانحدار بالدرجات من معادلة (الدليمي، 2001):

$$Degree\ of\ slope = \frac{Hmax(m) - hmin(m)}{Air} \times 57.3 \dots\dots\dots(5)$$

حيثُ :

Air : المسافة الأفقية بين أقصى ارتفاع وأدنى ارتفاع للحوض المائي (م).

Hmax : الارتفاع الأقصى (م).

hmin : الارتفاع الأدنى (م).

فيما تم تحديد مدى تقدم الدورة الحتية في الحوض المائي عن طريق المعامل الهيسومتري (Hypsometric Factor)، الذي تم حسابه من الفرق بين المنسوب الأدنى ومتوسط المناسيب في كامل الحوض إلى الفرق بين أدنى وأعلى منسوب من معادلة (Strahler, 1957):

$$HI = \frac{Mean(m) - Min(m)}{Max(m) - Min(m)} \dots\dots\dots(6)$$

حيثُ :

HI : المعامل الهيسومتري للحوض المائي.

Mean : المتوسط الحسابي لقيم الارتفاع للحوض المائي بالمتر.

Min : القيمة الأدنى لقيم الارتفاعات بالمتر.

Max : القيمة القصوى للارتفاعات بالمتر

وقد تم استخراج أيضاً متوسط قيم المناسيب لمرئية الارتفاعات الرقمية في الحوض من أدوات التحليل الإحصائي في برمجية نظم المعلومات الجغرافية وتمثيل مخرجاتها بالمنحنى الهيسومتري.

أما مساحات الانحدار (Slope Areas)، والتي تم تمثيلها من خلال نسبة المساحات التي تشغلها كل فئة من فئات انحدار سطح الأرض عن المستوى الأفقي بالنسبة للمساحة السطحية الكلية للحوض، من خلال ملحقات التحليل في (Spatial Analysis-Surface Tools)، حيثُ تم إنتاج مرئية الانحدار، تمثل كل خلية فيها درجة انحدارها بالنسبة المئوية من المستوى الأفقي، تبعاً لعلاقة تلك الخلية مع الخلايا المجاورة لها ضمن الحوض المائي، والتي بُنيت على أساس نموذج الارتفاعات الرقمية، ومن ثم تم تحويل المرئية الرقمية إلى ملف أشكال خطية تحدد كل مجموعة لونية للانحدار، وتُحسب مساحتها بشكل آلي ضمن جدول البيانات الوصفية في قاعدة بياناتها الرقمية.

بينما تم تحليل التضاريس القصوى للحوض المائي (Max Basin Relief) عن طريق حساب الفرق بين أقصى وأدنى ارتفاع للحوض المائي من معادلة (Schumn, 1956):

$$H = H_{max} - H_{min} \quad \dots\dots\dots(7)$$

حيثُ :

H : التضاريس القصوى للحوض المائي أو التضرس الأقصى.

Hmax : أعلى ارتفاع (متر).

Hmin : أدنى ارتفاع (متر).

أما نسبة التضرس (Relief Ratio)، والتي يتم حسابها من نسبة التضرس الكلي للحوض بال(متر)، إلى طول الحوض الأقصى بال(كم) من معادلة (Schumn, 1956):

$$Rh = \frac{H(H_{max}-H_{min})}{L(km)} \quad \dots\dots\dots(8)$$

حيثُ

Rh : نسبة التضرس للحوض المائي.

H: التضرس الكلي للحوض (متر).

L : الطول الأقصى للحوض ب(كم).

وتم استخلاص التضاريس النسبية (Relative Relief) النسبة بين التضرس الكلي للحوض (م) ومحيط الحوض المائي (كم) من معادلة (Schumn, 1956) :

$$R_{hp} = \frac{H(H_{max}-H_{min})}{p} \quad \dots\dots\dots(9)$$

حيثُ :

Rhp : التضاريس النسبية للحوض.

H : التضرس الكلي للحوض (متر).

P : محيط الحوض المائي (كم).

3. 2. 3 تحليل خصائص شبكة التصريف

استخلاص رتبة المجاري لحوض وادي عربة تم من خلال أدوات التحليل المكاني (Hydrology)، بالاعتماد على مرئية الارتفاعات الرقمية، حيثُ تم بناء شبكة التصريف المائي بناء على طريقة ستايلر (Strahler) لجميع الخصائص المورفومترية بطريقة آلية.

شملت قيمة نسبة التشعب (Bifurcation Ratio) للمجاري المائية من معادلة (Horton,1932):

$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}} \quad \dots\dots\dots(10)$$

حيثُ :

R_b : نسبة التشعب.

N_u : عدد مجاري رتبة ما.

N_{u+1} : عدد مجاري الرتبة التي تليها.

وكذلك متوسط أطوال المجاري (Stream Order Length Mean) من معادلة

: (Chow,1957)

$$L'u = \frac{\sum_{i=1}^N Lu}{Nu} \quad \dots\dots\dots(11)$$

حيثُ :

$L'u$: متوسط أطوال المجاري (كم).

L_u : أطوال المجاري لنفس الرتبة (كم).

N_u : عدد المجاري لرتبة معينة.

فيما تم تحديد نسب التفرع بين الرتب من خلال معادلة (Horton,1932):

$$LR = \frac{L'u}{(L'u-1)} \quad \dots\dots\dots(12)$$

حيثُ :

LR : نسبة أطوال المجاري.

$L'u$: متوسط أطوال المجاري في رتبة معينة (كم).

$L'u-1$: متوسط أطوال المجاري للرتبة التي قبلها (كم).

في حين تم حساب تكرارية المجاري (Stream Frequency) من خلال معادلة

: (Horton,1945)

$$Fs = \frac{\sum Nu}{Au} \quad \dots\dots\dots(13)$$

حيثُ :

F_s : تكرارية المجاري للحوض المائي.

$\sum Nu$: مجموع عدد المجاري للحوض المائي.

A_u : مساحة الحوض المائي بوحدة كم².

وكذلك كثافة التصريف (Drainage Density)، التي تم حسابها من خلال معادلة

: (Horton,1932)

$$Dd = \frac{\sum Lu}{Au} \quad \dots\dots\dots(14)$$

حيثُ :

Dd : كثافة التصريف.

$\sum Lu$: مجموع أطوال المجاري في الحوض المائي (كم).

Au : مساحة الحوض المائي (كم²).

أما نسبة التعرج الطبوغرافي (Sinuosity Factor)، فقد تم حسابها من حاصل قسمة طول الحوض المائي (كم) على طول المجرى المائي الرئيسي للحوض (كم)، من معادلة (Horton,1932):

$$S = \frac{Ls}{Lv} \quad \dots\dots\dots(15)$$

S : معامل التعرج النهري.

Ls: طول القناة الرئيسية (كم).

Lv: طول المجرى المائي الرئيسي وهو يمثل طول الحوض (كم).

فيما تم حساب ثابت بقاء المجرى (Constant of Channel Maintenance) من معادلة (Schumm,1956):

$$C = \frac{Au}{\sum_{i=1}^k \sum_{i=1}^N Lu} \quad \dots\dots\dots(16)$$

حيثُ :

C : ثابت بقاء المجرى المائي (كم²/كم).

Au : مساحة الحوض المائي (كم²).

Lu: مجموع أطوال المجاري المائي لجميع الرتب (كم).

3. 2. 4 استخراج الدلالات الهيدرولوجية

معامل الرطوبة (Topographic Wetness Index) ويُحسب من خلال علاقة مرئية (Accumulated Flow)، ومعدل الانحدار الطبوغرافي من خلال (Calculation Raster)، في برمجية نظم المعلومات الجغرافية من معادلة (Beven,1979):

$$TWI = \text{Ln}\left(\frac{As}{\text{Tan}\beta}\right) \quad \dots\dots\dots(17)$$

حيثُ

AS : قيم الخلايا في مرئية (Accumulated Flow) تُحسب ب (م²)

β : زاوية الانحدار السطحي لحوض التصريف بالدرجات.

معامل نقل الرواسب (Sediment Transport Index (STI)) يحسب من خلال

معادلة (Moore & Burch, 1986):

$$T = \left(\frac{As}{22.13} \right)^{0.6} * \left(\frac{\sin\beta}{0.0896} \right)^{1.3} \dots\dots\dots(18)$$

حيثُ

AS : (Accumulated Flow) تُحسب ب(م²).

β : زاوية الانحدار السطحي لحوض التصريف بالدرجات.

3. 2. 5 نموذج سنايدر الهيدرولوجي

لبناء نموذج وحدة الهيدروجراف، فيما يعرف بنموذج سنايدر الهيدرولوجي لا بد أولاً من تحديد معامل الشكل المورفومتري للحوض كاملاً والذي يمثل قيمة (Ct) في النموذج، والتي تتراوح قيمته القياسية (من 0.2 - 2.2)، حيث يتم تحديدها عادةً بقيمة (1.2) للأحواض الكبيرة الجبلية، وبقيمة تبلغ (0.72) للأحواض الهضبية، وبقيمة (0.35) لأحواض الأودية، حسب تصنيف (Kohler و Linsley)، كما أن هنالك طريقة أخرى لاحتسابه والتي أستخدمها (Taylor and Schwarz) وهي تعتمد على درجة انحدار الحوض المائي وتحسب من معادلة (Raghunath, 1991):

$$Ct = \frac{0.6}{\sqrt{s}} \dots\dots\dots(19)$$

حيث (s) تمثل درجة انحدار الحوض المائي و (Ct) ثابت الشكل المورفومتري.

وفي نموذج سنايدر لحوض وادي عربية تم اعتماد قيمة (Ct = 1.2) والذي يعرف بمعامل شكل الحوض، وهي القيمة المفترضة في حال تم بناء النموذج لأحواض كبيرة مشابهة لحوض الدراسة، في حين تم تحديد قابلية الحوض المائي لتخزين المياه أو ما يعرف بمعامل التباطؤ والذي يرمز له بالرمز (Cp)، وتتراوح قيمته من (2-6.5)، حيث تم تطبيق نموذج سنايدر اعتماداً على القيمة الافتراضية

($C_p = 2$) بناء على الخصائص المورفومترية التي تتوزع بها شبكة التصريف المائي وحجم الحوض والتي تستخدم عادة للأحواض الكبيرة، في حين ترتفع القيمة الافتراضية إلى ($C_p=4$) في حالة الأحواض المتوسطة، وتستخدم القيمة الافتراضية التي تقل عن ($C_b=4$) لمعامل التباطؤ للأحواض الصغيرة، علماً أن هذه القيمة يتم تصحيحها لاحقاً بناء على نتائج التحليل لقيم التدفق ومقارنتها مع أحواض مشابهة قريبة أو من خلال قراءات لمحطات رصد الفيضان -في حال توفرها- لأحواض مشابهة أو مجاورة لحوض الدراسة، حيث تم حساب التدفق الأقصى (Q_p) للمياه في الحوض المائي من معادلة (Snyder, 1938):

$$Q_p = \frac{C_p * A}{t_p} \dots\dots\dots(20)$$

حيثُ :

Q_p : كمية التدفق الأقصى للمياه في الحوض المائي بوحدة ($م^3 / ثانية$).

A : تمثل مساحة الحوض بوحدة ($كم^2$).

C_p : معامل يرتبط بقابلية الحوض المائي لتخزين المياه .

t_p : وتمثل فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (بالساعة) ويتم

حسابها من معادلة (Snyder, 1938):

$$t_p = C_t * (L_b * L_{ca})^{0.3} \dots\dots\dots(21)$$

حيثُ :

C_t : معامل الحوض وتم حسابه سابقاً بقيمة .

L_b : طول المجرى الرئيسي بوحدة (كم).

L_{ca} : المسافة الفاصلة بين مصب الحوض المائي ومركز ثقله بوحدة (كم).

تم حساب الفترة الزمنية المثالية (t_r) لهطول الأمطار من معادلة (Snyder,)

(1938):

$$t_r = \frac{t_p}{5.5} \dots\dots\dots(22)$$

حيثُ :

t_r : الفترة الزمنية المثالية لهطول الأمطار (الساعة) .

t_p : وتمثل فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (بالساعة).

ويتعامل نموذج سنايدر مع هذه المعادلة في حالة أن الحوض تعرض سابقاً، أو يتعرض بالعادة لعواصف مطرية لا يقل مقدار الهطول عن (25-26) ملم، أما فترة الأساس (زمن القاعدة) للجريان فإنها تحسب من معادلة (Raghunath,1991) :

$$Tb = 3 + \left(\frac{tp}{8}\right) \quad \dots\dots\dots(23)$$

حيثُ :

Tb: الفترة الأساسية لحدوث الجريان (باليوم)

tp : وتمثل فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (بالساعة)

الارتفاع التدريجي لتدفق الجريان (Tm) وتحسب من معادلة (Snyder,)

:(1938)

$$Tm = \frac{1}{3} * Tb \quad \dots\dots\dots(24)$$

حيثُ :

Tm : فترة الارتفاع التدريجي لتدفق الجريان (بالساعة).

Tb: الفترة الأساسية لحدوث الجريان (باليوم).

الانخفاض التدريجي للجريان (Td) ويحسب من معادلة (Snyder, 1938):

$$Td = \frac{2}{3} * Tb \quad \dots\dots\dots(25)$$

حيثُ

Td : الانخفاض التدريجي للسيل بالساعة.

Tb: الفترة الأساسية لحدوث الجريان (باليوم).

التدفق الأقصى لفترة الارتفاع التدريجي (QTm)، وتحسب من معادلة

:(Snyder, 1938)

$$QTm = Qp * \left(\frac{T}{Tm}\right)^2 \quad \dots\dots\dots(26)$$

حيثُ :

QTm : كمية التدفق الأقصى لفترة الارتفاع التدريجي، وتحسب بوحدة

(م³/ث).

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض المائي بوحدة (م³/ثانية).

Tm : فترة الارتفاع التدريجي لتدفق الجريان (بالساعة).

T : الفاصل الزمني المقترح لتقدير الارتفاع التدريجي للسيل.
التدفق الأقصى لفترة الانخفاض التدريجي للسيل (QTd) تحسب من معادلة
(Snyder, 1938):

$$QTd = Qp * \left(\frac{Td-T}{Td} \right)^3 \quad \dots\dots\dots(27)$$

حيثُ :

Tad : تمثل التدفق الأقصى لفترة الانخفاض التدريجي (م³/ث).

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض المائي بوحدة (م³/ثانية).

Td : الانخفاض التدريجي للسيل بالساعة.

T : الفاصل الزمني التقديري للانخفاض التدريجي بالساعة.

تدفق الذروة النوعي للحوض المائي (qp) ويتم حسابه من معادلة (Snyder,)
(1938):

$$qp = \frac{Qp}{A} \quad \dots\dots\dots(28)$$

حيثُ :

qp : تدفق الذروة بوحدة (م³/ث/كم²).

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه في الحوض المائي بوحدة (م³/ثانية).

A : مساحة الحوض ب (كم²).

الفترة الزمنية المناسبة لارتفاع منسوب الجريان عند 50 & 75% ويحسب من
معادلة (Snyder, 1938) :

$$W50 = \frac{5.6}{(qp)^{1.08}} \quad \dots\dots\dots(29)$$

حيثُ :

qp : قيمة تدفق الذروة النوعي م³/ثانية لكل 1كم² من مساحة الحوض.

كما تم حسابها عند مستوى 75% ومن معادلة (Snyder, 1938) :

$$W75 = \frac{3.21}{(qp)^{1.08}} \quad \dots\dots\dots(30)$$

حساب تركيز الأمطار المناسب لإحداث تدفق الذروة في الجريان داخل
الحوض

يُحسب من معادلة (Snyder, 1938):

$$i = \frac{1}{tr} * 10 \quad \dots\dots\dots(31)$$

حيثُ :

tr: الفترة الزمنية بالساعة.

حجم تدفق الجريان في الحوض ويقدر بوحدة (مليون م³) ويحسب من معادلة

: (Snyder, 1938)

$$Al = Qp * Tm * 10^{-6} \quad \dots\dots\dots(32)$$

حيثُ :

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض المائي بوحدة (م³/ثانية).

Tm : فترة الارتفاع التدريجي لتدفق الجريان (بالساعة).

سمك أو عمق الجريان السطحي المناسب لذروة الجريان في الحوض المائي

تحسب من معادلة (Snyder, 1938):

$$E = Qp * Tm * 10^{-3} * A \quad \dots\dots\dots(33)$$

حيثُ :

E: عمق الجريان السطحي المناسب لذروة تدفق الجريان في الحوض (ملم).

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه في الحوض المائي بوحدة (م³/ثانية).

Tm : فترة الارتفاع التدريجي لتدفق الجريان (بالساعة).

A : مساحة الحوض بوحدة (كم²).

قوة الجريان في الحوض المائي تحسب من معادلة (Snyder, 1938):

$$A' = \frac{Qp}{\sqrt{A}} \quad \dots\dots\dots(34)$$

A' : معامل قوة الجريان.

A : مساحة الحوض (كم²).

Qp : كمية التدفق الأقصى للمياه بالحوض المائي بوحدة (م³/ثانية).

الفصل الرابع

تحليل النتائج ومناقشتها

4.1 الخصائص المورفومترية

تعتبر الخصائص المورفومترية من أهم الدراسات الطبيعية لأنظمة الأودية المائية، ويمكن دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي عربة على النحو التالي:

4.1.1 الخصائص المساحية

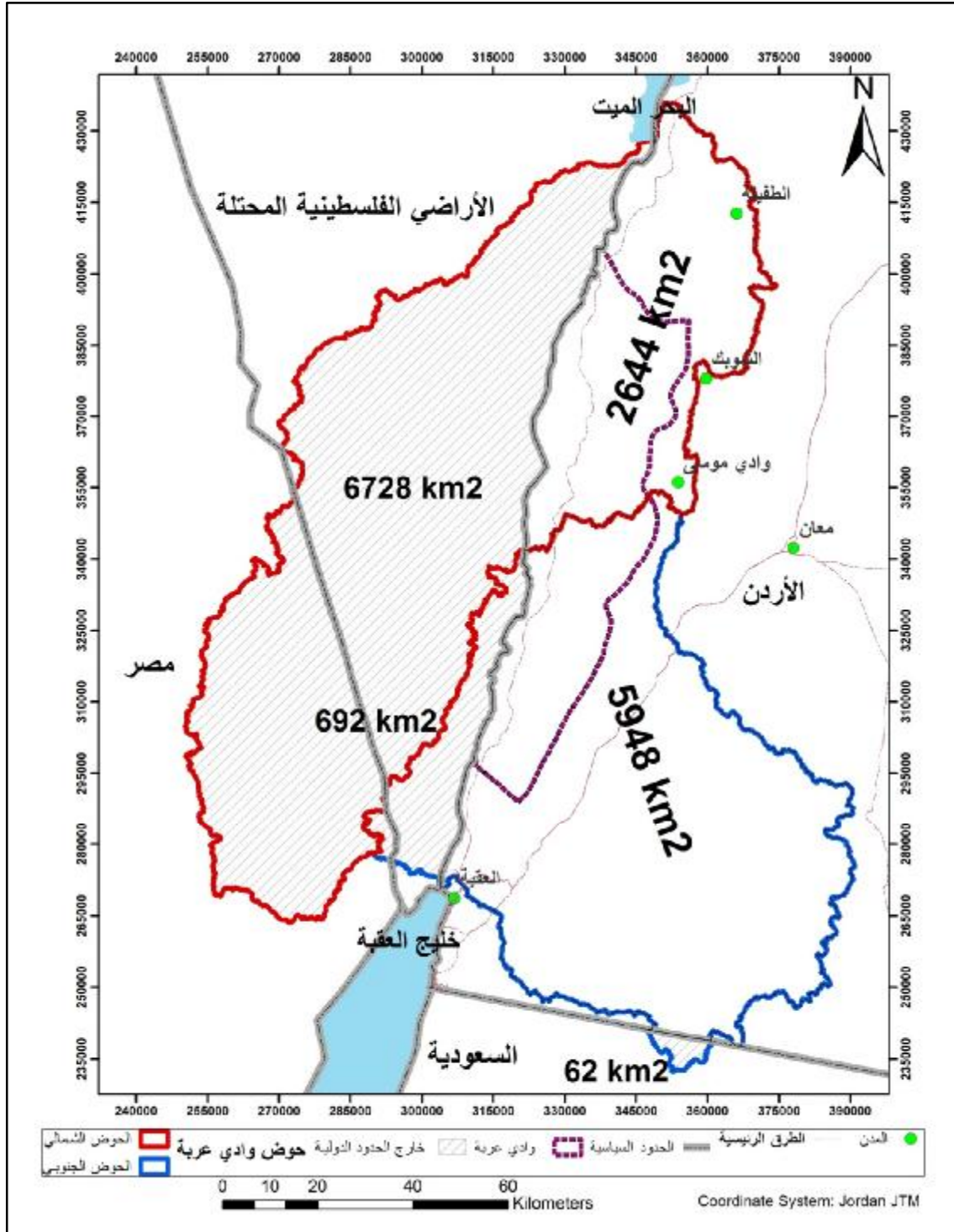
1. مساحة الحوض (Drainage Area)

ينقسم حوض وادي عربة إلى حوضين مستقلين؛ الأول يصب باتجاه البحر الميت شمالاً، والثاني يصب باتجاه خليج العقبة جنوباً، وقد تم اعتماد خط تقسيم المياه الواقع على دائرة عرض ($30^{\circ} 41' 46.9''$) وهو الحد الفاصل بين الحوضين، كما بلغت المساحة الكلية لحوض وادي عربة الشمالي (9372 كم^2) منها (2644 كم^2) داخل الحدود السياسية للأردن و(6728 كم^2) خارج الحدود، في حين بلغت المساحة الكلية لحوض وادي عربة الجنوبي (6701 كم^2) منها (5947 كم^2) داخل الحدود السياسية للأردن و(754 كم^2) خارج الحدود، حيثُ بلغ مجموع كامل المساحات التي تقع خارج الحدود (7482 كم^2)، أي ما نسبته (46.5%) من المساحة الكلية ضمن أراضي المملكة العربية السعودية والأراضي الفلسطينية المحتلة وجمهورية مصر العربية، ليلبغ المجموع الكلي لمساحة حوض وادي عربة (16073 كم^2)، كما في الشكل رقم (2).

2. طول الحوض (basin length)

بلغ طول حوض وادي عربة الشمالي (188 كم)، وحوض وادي عربة الجنوبي (114 كم)، بناء على خطوط التقسيم الموازية لمسار المجرى واحتساب الطول الأقصى للحوض.

ويدل الفارق بين طول الحوضين لوادي عربة الشمالي والجنوبي على أن منطقة الدراسة تعرضت لحركة تجانبية تكتونية وطبيعية، أثرت عليه بشكل متساوي، وذات اتجاه شمالي جنوبي متوافقة مع اتجاه تكوّن حفرة الانهدام الأردنية.



شكل رقم (2)

مساحات حوض وادي عربة الشمالي والجنوبي

المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1

3. عرض الحوض (basin Width)

بلغ عرض حوض وادي عربة الشمالي (81 كم)، في حين بلغ عرض حوض وادي عربة الجنوبي (92 كم)، ويعود سبب وجود فارق واضح بين عرض وادي عربة الشمالي ونظيره الجنوبي لعوامل بيئية قديمة، ترجع أسبابها لقوى تشكل حفرة الانهدام الأردنية على شكل إزاحات جانبية، بالإضافة لأسباب طبيعية وظروف مناخية.

4. محيط الحوض (basin perimeter)

بلغ محيط حوض وادي عربة الشمالي (730 كم) ومحيط حوض وادي عربة الجنوبي (563 كم)، وقد تبين من نتائج تحليل محيط الحوض أنّ هناك تطابق شبه تام لحدود تقسيم المياه والتي تمتد باتجاه الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي، وهذا مؤشر على أن القوة الخارجية المؤثرة متساوية؛ وتعود لأسباب تكتونية وحركات أرضية باتجاه شمالي جنوبي، موازية لاتجاه طول الحوضين، بالإضافة لعوامل التجوية والتعرية التي أثرت على تكوين سطحه الطبوغرافي.

2.1.4 الخصائص الشكلية

أ.معامل الشكل (Form Factor)

بلغ معامل شكل الحوض لوادي عربة الشمالي (0.3)، في حين بلغ لحوض وادي عربة الجنوبي (0.5)، وعند مقارنة معامل الشكل الناتج من التحليل مع القيمة المثالية لمعامل الشكل والتي تعتبر مرجع الانتظام الأقصى للشكل الدائري كما وضحها (Horton)، نلاحظ أن معامل الشكل لحوض وادي عربة الشمالي و الجنوبي (0.3 و 0.5) على التوالي بعيدة نسبياً عن فارق المعيار الدائري الذي مقداره (1.273) بالرغم من أن معامل شكل الحوض الجنوبي أقرب للمعيار الدائري مقارنة مع نظيره الشمالي، إلا أنه مؤشر على ضعف في تناسق شكل الحوضين مقارنة مع الشكل الدائري المعياري، ودلالة على مدى فاعلية عوامل التعرية السطحية المؤثرة بشكل مباشر في الخصائص البنائية لشبكة التصريف المائي؛ فالأحواض الضيقة ذات الشكل الممتد تكون دوراتها الفيضانية عالية، في

حين أن الأحواض الأوسع كما هو الحال في حوض وادي عربة تمتلك دورات فيضانية منخفضة.

ب. معامل الاستدارة (Basin Circularity)

يوضح معامل الاستدارة مدى اقتراب الحوض من الشكل الدائري أو ابتعاده عنه، وقد تم حساب معامل الاستدارة (Rc) من معادلة (Miller, 1953)، لحوض وادي عربة الشمالي حيث بلغت (0.2)، في حين كانت لحوض وادي عربة الجنوبي (0.3)، وهي قيم بعيدة عن معامل الاستدارة الدائري القياسي المحسوبة ب(0.785 و 1.723)، وكما أن معامل الاستدارة يرتبط مع معامل الشكل بعلاقة طردية مفادها أن ابتعاد العاملين عن القيم القياسية مؤشراً على فاعلية الحركة التكتونية في بناءه، بالإضافة لزيادة كثافة الصدوع والشقوق التي تؤثر على محيط الحوض دافعة بذلك مجاري الرتب الأولى والثانية إلى النحت التراجعي نحو خطوط تقسيم المياه، وهو ما يظهر في حوض وادي عربة حيث أن القيمة الخاصة بمعامل الشكل ومعامل الاستدارة يتأثر بالعوامل التكتونية بشكل واضح وكبير وتظهر جليلاً في معامل الاستدارة وخصائصه الشكلية.

ج. معامل الاستطالة (Basin Elongation)

يصف معامل الاستطالة مساحة الحوض بشكل مستطيل أو قريب منه، وقد أظهرت الدراسة أن قيمة معامل الاستطالة (E) كما أوضحها (Schumm, 1956) لحوض وادي عربة الشمالي بلغت (0.6)، في حين بلغت لحوض وادي عربة الجنوبي (0.8)، وتكمن أهمية هذا العامل في وصف مساحة حوض وادي عربة وشكله مقارنة بالشكل المستطيل، حيث أن العامل المؤثر في معامل الاستطالة هو كثافة الهطول وسرعة الجريان، التي تعيد تشكيل سطح الحوض ومقدار استطالته، فالعلاقة بين معامل شكل الحوض ومعامل الاستطالة تأخذ منحى طردي يتشتت عند القيم الأعلى التي تتراوح بين (0.2 و 1.2)، كذلك يتبين لنا أن حوض وادي عربة ينتمي لشكل ذو استطالة نسبي غير منتظم، بعيد عن الشكل المربع أو حتى الدائري؛ يُعزى ذلك لنشأة حوض وادي عربة على حدود صدعية رئيسية ذات نشاط كبير، بالإضافة إلى أنه مؤشر هيدرولوجي يرتبط بزيادة الفترة الزمنية التي تحتاجها كثافة

الجريان للوصول إلى نهاية المصب وبذلك ترفع من قدرة التغذية الجوفية للأحواض.

د. معامل التفلطح (Lemniscates Ratio)

تبين أن معامل التفلطح وحسب معادلة (Chorley,1957) لحوض وادي عربية الشمالي قد بلغ (3)، في حين بلغ لحوض وادي عربية الجنوبي (1.5) وهو يدل على أن شكل حوض وادي عربية الجنوبي أقرب لشكل قطرة الماء ذات الشكل المفلطح منها للشكل المنتظم مقارنة مع شكل حوض وادي عربية الشمالي الأكثر استطالة وأقل تفلطحاً؛ يعود سبب ذلك إلى البيئة التكوينية من الانجرافات الشديدة التي أثرت على الحوض؛ بسبب السيول والعواصف المطرية قصيرة المدى وارتفاع معدل درجات الحرارة في فصول الصيف والتي ساهمت أيضاً بتكوين هذا النظام النهري بخصائصه الشكلية المفلطحة غير المنتظمة.

4. 1. 3 الخصائص التضاريسية

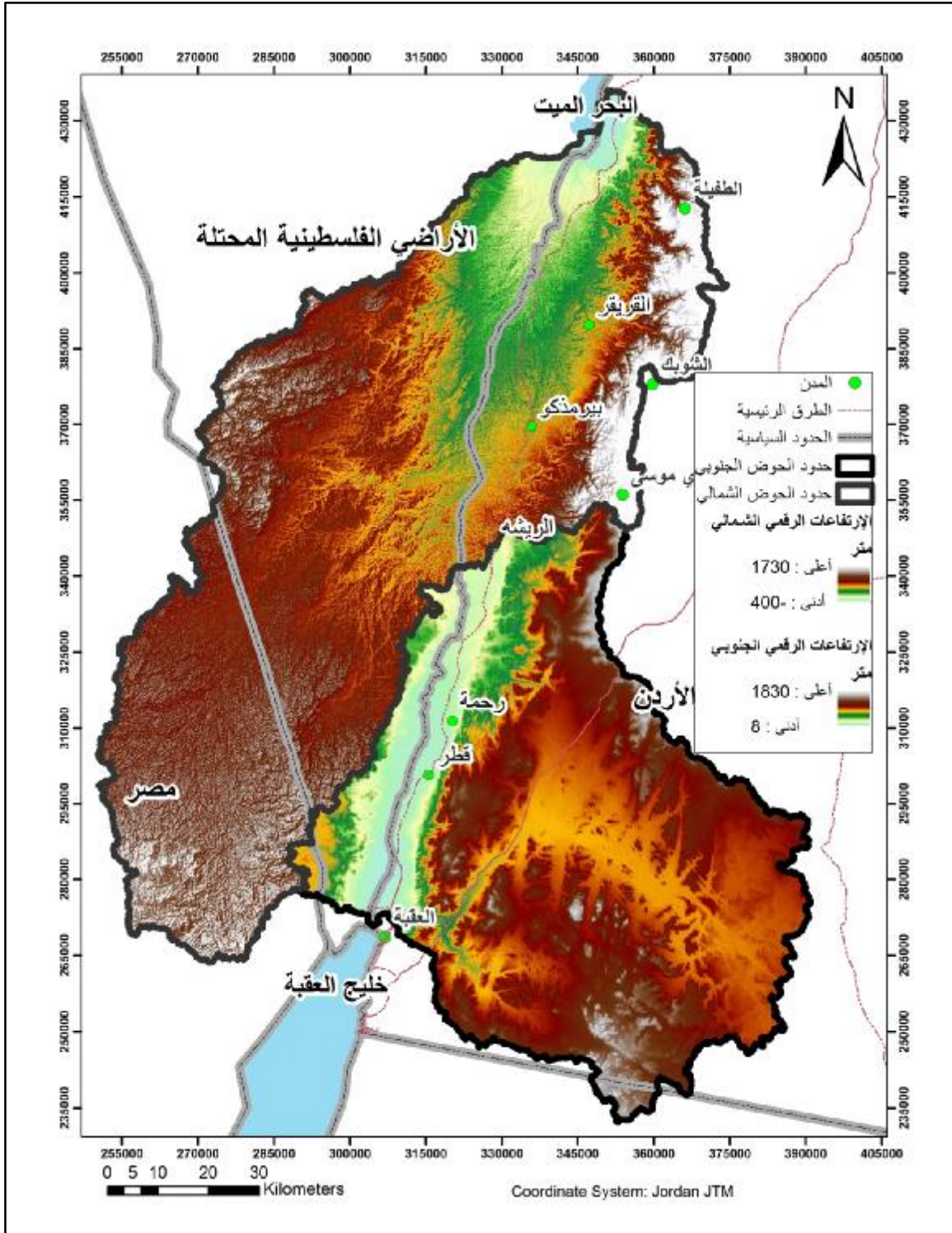
1. الارتفاع الأقصى والأدنى (Max & Min Elevation)

أظهرت النتائج أن أقصى ارتفاع لحوض وادي عربية الشمالي بلغ (1730 م) فوق سطح البحر وأدنى ارتفاع كان عند منسوب (- 400 م) تحت سطح البحر، بينما بلغت المسافة الأفقية (Horizontal Equivalent) بين أقصى وأدنى منسوب (70 كم) بزاوية انحدار مقدارها (1.8 درجة)، كما تبين أن أقصى ارتفاع في حوض وادي عربية الجنوبي عند منسوب (1827 م) وأدنى ارتفاع عند منسوب (8 م) فوق سطح البحر، بينما بلغت المسافة الأفقية (Horizontal Equivalent) بين أقصى وأدنى منسوب (104 كم) بزاوية انحدار مقدارها درجة واحدة ، كما في الشكل رقم (3).

2. درجات الانحدار (Slope)

بلغت أقصى درجة انحدار لحوض وادي عربية الشمالي (63 درجة) في المرتفعات الشمالية الشرقية، في حين بلغت أقصى درجة انحدار لحوض وادي عربية الجنوبي (73 درجة) في المرتفعات الجنوبية والشرقية للحوض، حيث

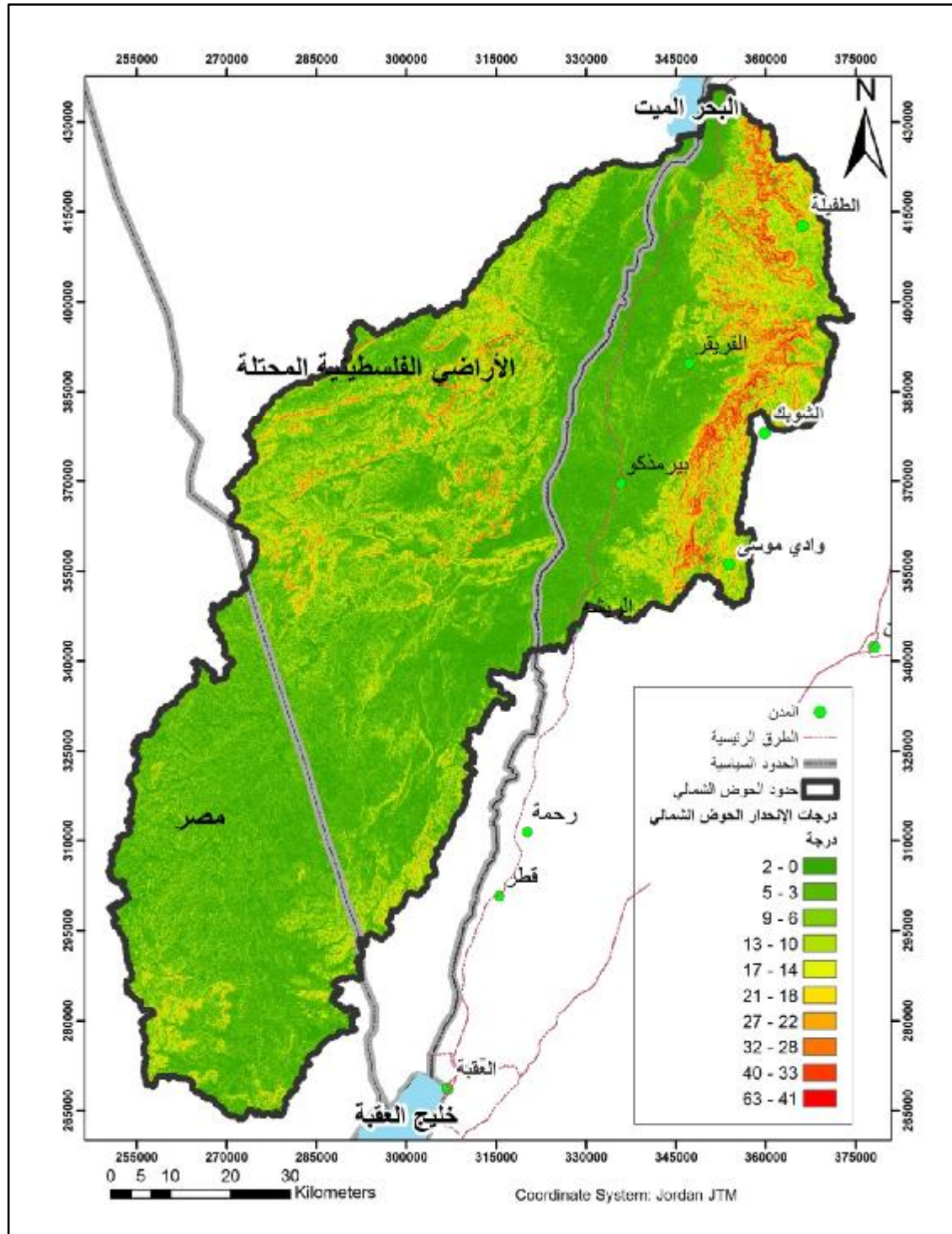
توزعت فئات درجات الانحدار إلى عشر فئات. كانت فئة درجة الانحدار (0- 9 درجات) موزعة بشكل شبه كامل على الجزء الأدنى من مجرى وادي عربة للحوضين الشمالي، وفئة درجات الانحدار (0-13 درجة) موزعة للحوض الجنوبي، وممثلة باللون الأخضر، في حين كانت نسبة الانحدار للفئات (10-21 درجة) موزعة على الجزء الأوسط من وادي عربة الشمالي و(14-30 درجة) للجزء الأوسط من حوض وادي عربة الجنوبي، لتتوزع على مناطق المراوح الفيضية عند التقاء رتب الأودية الثانية والثالثة، في حين كانت نسب الانحدار المرتفعة موزعة على سلسلة الجبال الشرقية من حوض وادي عربة الشمالي والتي تجاوزت درجة انحدار (21 درجة) ممثلة بالمنحدرات الشديدة في حوض وادي عربة الشمالي، في حين كانت درجة الانحدار الممثلة للمنحدرات الشديدة في حوض وادي عربة الجنوبي تجاوزت (30 درجة)، والتي تتوزع فيها نسبة كبيرة من مجاري الأودية من الرتبة الأولى في كلا الحوضين كما في الشكل رقم (4) و(5).



شكل رقم (3)

خارطة منسوب الارتفاعات لحوض وادي عربية

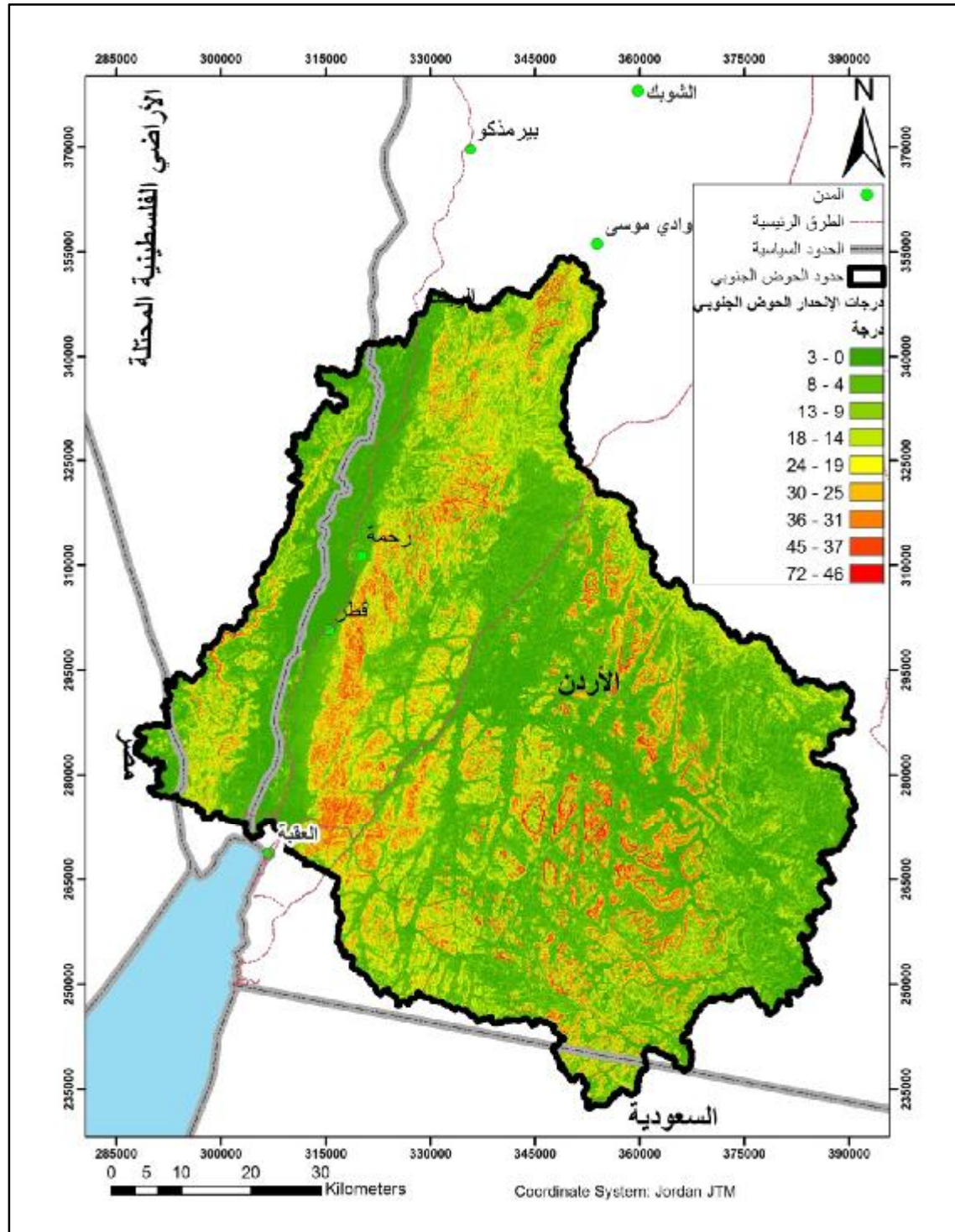
المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1



شكل رقم (4)

توزيع درجات الإنحدار للحوض الشمالي

المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1



شكل رقم (5)

توزيع درجات الإنحدار للحوض الجنوبي

المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1

3. المنحنى الهبسونمري (Hypsometric Curve)

تبين من التحليل أن المعامل الهبسونمري لحوض وادي عربة الشمالي بلغ (0.4)، أي أن الحوض تعرض إلى ما نسبته (60%) من مراحل الحتية والنضج السطحي، ووصل إلى حالة استقرار نسبي، ومن أجل توضيح مراحل العملية الحتية التي تأثر بها حوض وادي عربة الشمالي تم تمثيل العلاقة الرياضية بين ارتفاعات المناسيب عن مستوى سطح البحر مع المساحات النسبية التراكمية باستخدام المنحنى الهبسونمري.

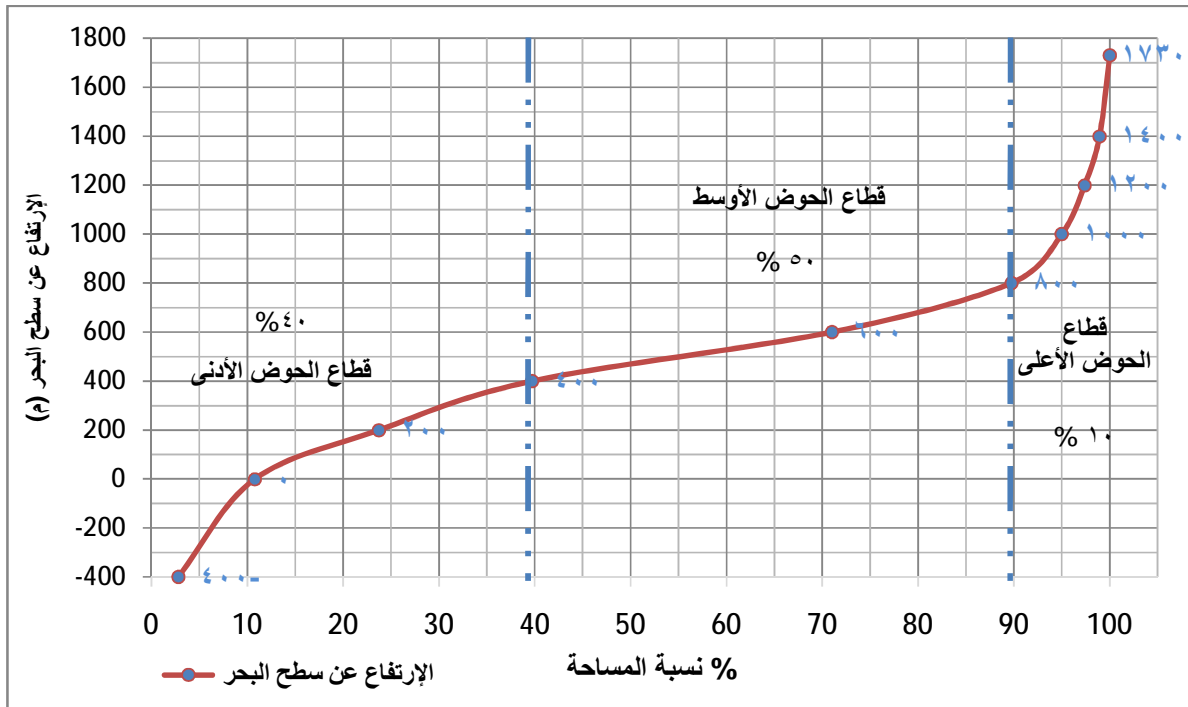
أظهر تحليل المنحنى الهبسونمري، أن القطاع الأعلى من حوض وادي عربة الشمالي تشكل من مناسيب الارتفاعات التي تراوحت بين (800 - 1730 م) بنسبة بلغت (10 %)، والقطاع الأوسط من مناسيب الارتفاعات التي تراوحت بين (400-800 م) بنسبة بلغت (50 %)، في حين شكل القطاع الأدنى فترة مناسيب الارتفاعات التي تراوحت بين (-400 إلى 400) بنسبة بلغت (40 %) من مساحة الحوض الكلية، كما في الجدول رقم (1) والشكل رقم (6).

جدول رقم (1)

المساحات النسبية للارتفاعات التراكمية لحوض وادي عربة الشمالي

الارتفاع عن سطح البحر (م)	النطاق	المساحة (كم ²)	نسبة المساحة %	المساحة النسبية التراكمية %
-400	1	260	2.8	2.8
-200	2	747	8.0	10.7
0	3	1217	13.0	23.7
200	4	1495	16.0	39.7
400	5	2932	31.3	71.0
600	6	1756	18.7	89.7
800	7	492	5.3	95.0
1000	8	223	2.4	97.4
1200	9	148	1.6	98.9
1400	10	100	1.1	100.0
المجموع		9372	100%	

المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1



شكل رقم (6)

المنحنى الهيسومتري لحوض وادي عربة الشمالي

المصدر : عمل الباحث باستخدام Microsoft Excel 2016

فيما يتعلق بالمعامل الهيسومتري لحوض وادي عربة الجنوبي فقد بلغ (0.46)، أي أن الحوض تعرض خلال الفترات الماضية إلى ما نسبته (54%) من مراحل الحتية والنضج السطحي، وما زال في مراحل النشطة، وعند مقارنة حوض وادي عربة الجنوبي مع حوض وادي عربة الشمالي نلاحظ أن الأخير ما زال في مراحل النشاط الفاعلة وعمليات التكوين لسطحه، مقارنة مع حوض وادي عربة الجنوبي الذي وصل لمرحلة الاستقرار، ولتوضيح تأثير مراحل تطور العمليات الحتية لحوض وادي عربة الجنوبي، تم تمثيل العلاقة الرياضية بين ارتفاعات المناسيب عن مستوى سطح البحر مع المساحات النسبية التراكمية باستخدام المنحنى الهيسومتري.

أظهر تحليل المنحنى الهيسومتري، أن القطاع الأعلى من حوض وادي عربة الجنوبي تشكل من مناسيب الارتفاعات التي تراوحت بين (1200 - 1827 م) بنسبة بلغت (15%)، والقطاع الأوسط من مناسيب الارتفاعات التي تراوحت بين (800-1200 م) بنسبة بلغت (55%)، في حين شكل القطاع الأدنى فترة مناسيب

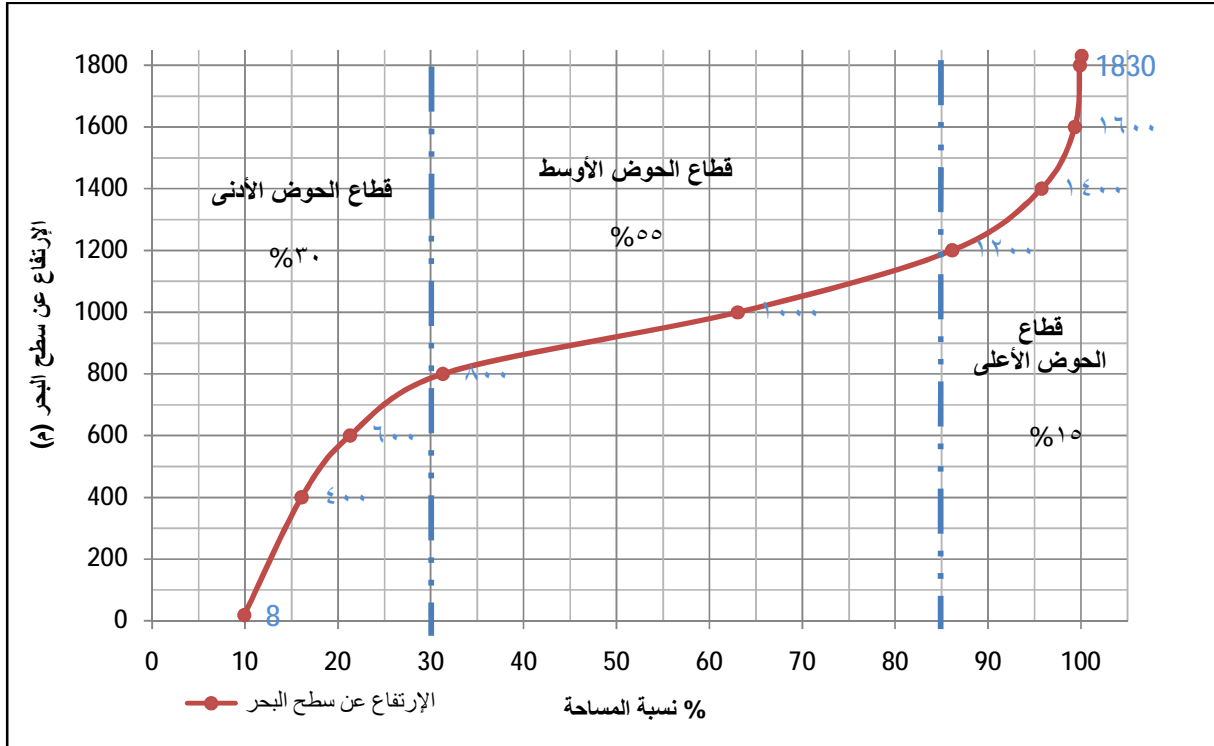
الارتفاعات التي تراوحت بين (8 - 800) بنسبة بلغت (30%) من مساحة الحوض الكلية، كما في الجدول رقم (2) والشكل رقم (7).

جدول رقم (2)

المساحات النسبية للارتفاعات التراكمية لحوض وادي عربة الجنوبي

الارتفاع عن سطح البحر (م)	النطاق	المساحة (كم ²)	نسبة المساحة %	المساحة النسبية التراكمية %
من 8 إلى 200	1	663.0	9.9	9.9
200 إلى 400	2	415.0	6.2	16.1
400 إلى 600	3	349.0	5.2	21.3
600 إلى 800	4	668.0	10.0	31.3
800 إلى 1000	5	2130.0	31.8	63.0
1000 إلى 1200	6	1547.0	23.1	86.1
1200 إلى 1400	7	653.0	9.6	95.7
1400 إلى 1600	8	242.0	3.6	99.3
1600 إلى 1830	9	34.0	0.5	99.8
المجموع		6701	%100	

المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1



شكل رقم (7)

المنحنى الهيسومتري لحوض وادي عربة الجنوبي

5. المصدر : عمل الباحث باستخدام Microsoft Excel 2016

- مساحة الانحدار (Slope Areas)

يتبين من نتائج تحليل مساحة الانحدار لحوض وادي عربة الشمالي أن الفئة الأولى للمناطق المستوية لمساحات الانحدار التي تتراوح بين (0-15 درجات) وتشغل مساحة ما مقداره (8291 كم²) ما نسبته (88%) من المساحة الكلية، والتي تشكل مصبات الأودية الرئيسية في منتصف الحوض، فيما تشغل المنحدرات المتوسطة التي تتراوح درجة انحدارها بين (16-30 درجة) مساحة بلغت (912 كم²) بمساحة نسبية بلغت (9%) من المساحة الكلية، في حين كانت مساحة المناطق شديدة الانحدار والتي تراوحت درجة انحدارها (31-63 درجة) بلغت (169 كم²) بمساحة نسبية بلغت (3%) من المساحة الكلية، مشكلة سلسلة الجبال الشرقية لحوض وادي عربة الشمالي؛ يعود ذلك إلى أن الحوض مر بمراحل متقدمة من عمليات التجوية والتعرية ونقل الرسوبيات على مر العصور، مما يشير أن

حوض وادي عربية الجنوبي في مرحلة نضج متقدم وفي حالة استقرار نسبي كما
في الجدول رقم (3)

جدول رقم (3)

المساحات النسبية لفئات درجة الانحدار للحوض الشمالي

المساحة النسبية %	المساحة (كم ²)	رقم الفئة	فئات الانحدار (درجة)	
			من	إلى
88	8291	1	0	15
9	912	2	16	30
2	160	3	31	45
1	9	4	45	63
% 100	9372	المجموع		

المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1

بينما نلاحظ من نتائج تحليل مساحة الانحدار لحوض وادي عربية الجنوبي، أن الفئة الأولى للمناطق المستوية لمساحات الانحدار ذات نسب تتراوح بين (0-20 درجة) وتشغل مساحة (5514 كم²) تشكل ما نسبته (82 %) من المساحة الكلية، فيما تشغل المنحدرات المتوسطة التي تتراوح درجة انحدارها بين (21-35 درجة) مساحة بلغت (959 كم²) بمساحة نسبية بلغت (14 %) من المساحة الكلية، في حين كانت مساحة المناطق شديدة الانحدار والتي تراوحت درجة انحدارها (36-72 درجة) بلغت (229 كم²) بمساحة نسبية بلغت (4 %) من المساحة الكلية وهي أعلى من نظيرتها في الحوض الشمالي؛ يعود سبب ذلك إلى أن حوض وادي عربية الجنوبي ما زال في مراحل الحت، وأن عمليات التعرية ونقل الرسوبيات ما زالت نشطة، مقارنةً مع حوض وادي عربية الشمالي كما في الجدول رقم (4).

جدول رقم (4)

المساحات النسبية لفئات درجة الإتحدار لحوض وادي عربية الجنوبي

فئات الإتحدار(درجة)	رقم الفئة	المساحة (كم2)	المساحة النسبية %	
			من	إلى
0	1	5514	20	82
21	2	959	35	14
36	3	222	55	3
56	4	7	72	1
المجموع				% 100
			6702	

6. المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1

- التضاريس القصوى للحوض المائي (Maximum Basin Relief)

بلغت التضاريس القصوى في حوض وادي عربية الشمالي (2130 م)، في حين بلغت في حوض وادي عربية الجنوبي (1819 م)، مع فارق بين تضرس الحوضين مقداره (311 م)، لما تعرض له الحوض من عمليات تعرية وتجوية، وحركات تكتونية عالية، امتدت لفترات زمنية طويلة، متوافقة في الوقت نفسه مع طبيعة أصل ونشأة حوض وادي عربية التكتوني.

- معدل التضرس (Relief Ratio)

تبين أن معدل التضرس (Rh) لحوض وادي عربية الشمالي (11 م/كم) من طول الحوض، بينما بلغت نسبة التضرس لحوض وادي عربية الجنوبي (16 م/كم) من طول الحوض بفارق تضرس بين الحوضين مقداره (5 م/كم) من طول الحوض، مع الأخذ بعين الاعتبار قرب حوض وادي عربية الشمالي من مركز حفرة الانهدام الأردنية، وتأثره بنشاط الحركات التكتونية الكبيرة وتقدم مرحلته الحثية مقارنة مع حوض وادي عربية الجنوبي.

- التضاريس النسبية (Relative Relief)

بلغت التضاريس النسبية لحوض وادي عربية الشمالي (2.9 م/كم) ، في حين بلغت التضاريس النسبية لحوض وادي عربية الجنوبي (3.2 م/كم) من طول محيطه؛ يعود هذا الفارق لطبيعة كثافة الصدوع والفوالق مقارنة مع الحوض

الجنوبي ومؤشراً على مرحلة النضج النسبي في شكل حوض وادي عربة الشمالي عن نظيره الجنوبي.

4.1.4 خصائص شبكة التصريف المائي

- رتب المجاري (Stream Order)

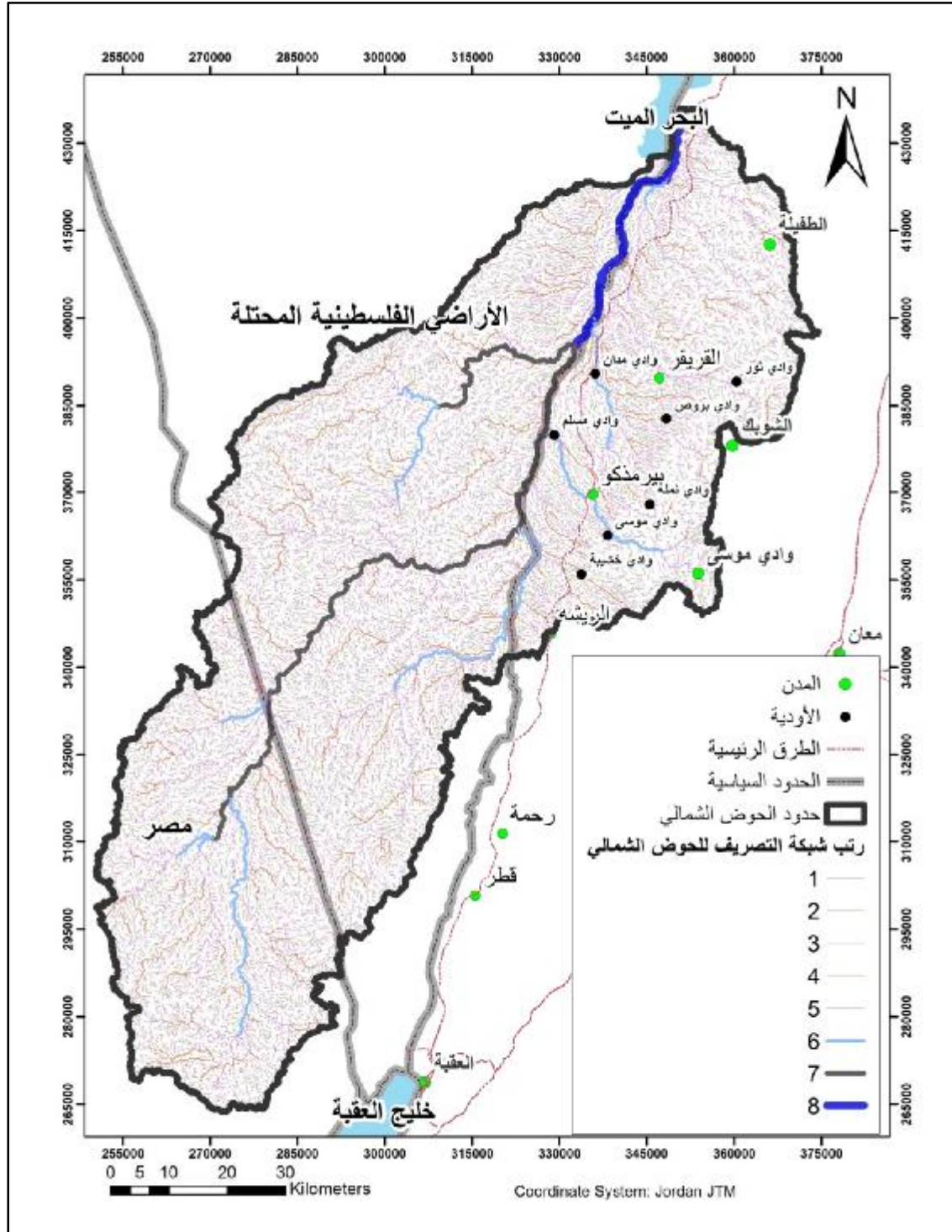
أظهرت نتائج التحليل لرتب مجاري التصريف، أن رتب الحوض الشمالي تتكون من الرتبة الثامنة، حيثُ بلغ عدد المجاري الكلي (21349 مجرى)، شكلت الرتبة الأولى ما نسبته (78 %)، بعدد مجاري بلغت (16623 مجرى)، في حين شكلت الرتبة الثانية ما نسبته (17 %) بعدد مجاري بلغت (3648 مجرى)، والرتبة الثالثة ما نسبته (4 %)، بعدد مجاري بلغت (820 مجرى)، وبلغت عدد مجاري الرتب من الرابعة حتى السابعة (258 مجرى) بنسبة بلغت (1 %)، في حين تشكلت الرتبة الثامنة من مجرى واحد، يدل على تطور شبكة التصريف المائي في أعالي الوادي، بسبب كبر المساحة التي يشغلها الحوض في أعلاه؛ يُعزى ذلك لنشاط عمليات الحت التراجعي والحت الجانبي في مجاري الرتبة الأولى وزيادة عرض الحوض كما في الجدول رقم (5) والشكل رقم (8).

جدول رقم (5)

رتب مجاري حوض وادي عربة الشمالي

الرتبة	عدد الرتب	نسبة عدد الرتب (%)
1	16623	78
2	3648	17
3	820	4
4	196	
5	49	
6	10	1
7	2	
8	1	
المجموع	21349	100%

المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1



شكل رقم (8)

رتب مجاري التصريف المائي لحوض وادي عربة الشمالي

المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1

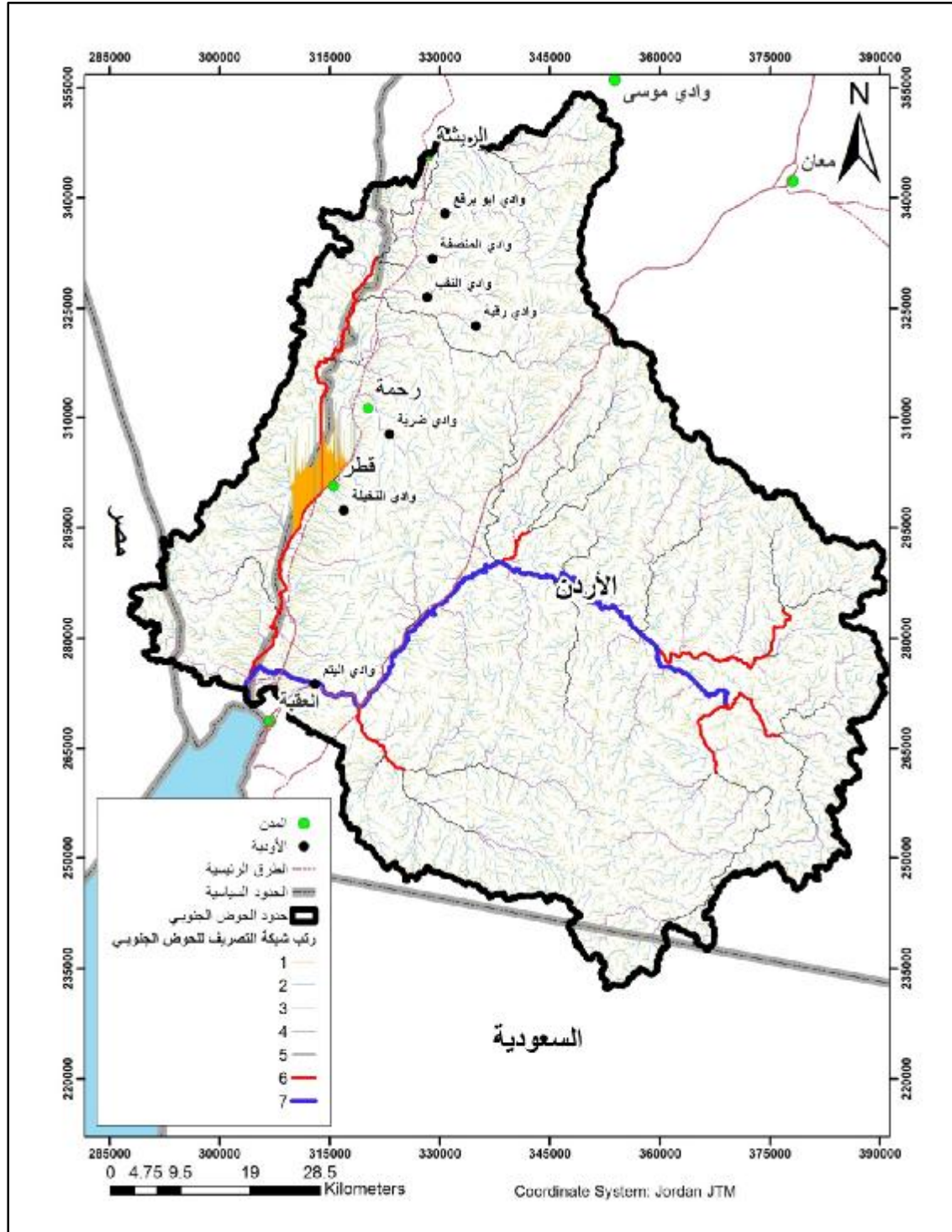
وقد أظهرت نتائج تحليل شبكة التصريف المائي لحوض وادي عربة الجنوبي انه تشكل من الرتبة السابعة، حيث بلغ عدد المجاري الكلي (10827 مجرى)، شكلت الرتبة الأولى ما نسبته (77%)، بعدد مجاري بلغ (8368 مجرى) في حين شكلت الرتبة الثانية ما نسبته (17 %)، بعدد مجاري بلغ (1882 مجرى)، والرتبة الثالثة بعدد مجاري بلغ (436 مجرى) ما نسبته (4 %)، والرتبة الرابعة شكلت ما نسبته (1 %) بعدد مجاري بلغ (109 مجاري)، فيما بلغ عدد مجاري الرتبة الخامسة والسادسة والسابعة (32 مجرى فقط)، ما نسبته (1 %)، في حين تشكلت الرتبة السابعة من مجرى واحد يصب باتجاه خليج العقبة؛ يعود ذلك إلى قلة الغطاء النباتي في أحواض المناطق الجافة وبالتالي قلة أو انعدام ما تساهم به جذور النباتات في إعاقة عمليات النحت، ومن ثم يكون عرضة لتكوّن المجاري بعد سقوط الأمطار، والتي تتميز في المناطق الجافة بأنها وان كانت نادرة الهطول إلا أنها تسقط بكميات كبيرة جداً وقوية مما يزيد قدرتها على النحت، إضافة إلى أن الصدوع والفوالق تزيد من النحت التراجعي والجانبى مما يؤدي إلى زيادة ملحوظة في المساحة الحوضية في أعلى الحوض، كما في الجدول رقم (6) والشكل رقم (9).

جدول رقم (6)

رتب مجاري حوض وادي عربة الجنوبي

الرتبة	عدد الرتب	نسبة عدد الرتب (%)
1	8368	77
2	1882	17
3	436	4
4	109	1
5	25	
6	6	1
7	1	
المجموع	10827	100%

المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1



شكل رقم (9)

رتب مجاري التصريف المائي لحوض وادي عربة الجنوبي

7. المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1

- نسبة التشعب (Bifurcation Ratio)

أظهرت نتائج التحليل أن نسب التشعب لحوض وادي عربة الشمالي يتدرج من الرتبة الأصغر إلى الأكثر تفرعاً في الرتبة الأقل، حيث كانت أعلى قيمة لنسب التشعب (5 مجاري) للرتبة الأولى، في حين بلغت نسبة التشعب في الرتبة السابعة (مجريين)، ودلت قيمة التشعب الكلية للحوض التي بلغت (4 مجاري) أن وادي عربة يصنف من الأحواض النهرية العادية، والتي تراوحت نسب تشعبها (2 - 5)، كما يوضحها الجدول رقم (7).

جدول رقم (7)

نسب التشعب لحوض وادي عربة الشمالي

الرتبة	عدد الرتب	نسبة التشعب
1	16623	5
2	3648	
3	820	4
4	196	
5	49	5
6	10	
7	2	2
8	1	
المجموع	21349	4

المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1

وقد أظهر التحليل كذلك أن نسب التشعب لحوض وادي عربة الجنوبي أكثر من نظيره الشمالي، حيثُ تتراوح بين (4 و 6 مجاري) للشبكة المائية لجميع الرتب، ويصنف حوض وادي عربة الجنوبي ضمن أحواض الأودية العادية، والتي تراوحت نسب تشعبها (4 - 5) كما في الجدول رقم (8).

وتعد نسبة التشعب مؤشراً على شدة تقطع الحوضين الشمالي والجنوبي، بفعل مجاريها وتطور نظام شبكة التصريف للحوض وبالتالي لا يوجد هناك خطر للفيضان لزيادة نسبة التشعب وكثافة التصريف، وعليه فإن مياه الأمطار الساقطة ستجتمع في مجاري كثيرة وستصل إلى مصب الحوضين مشتتة وضعيفة.

جدول رقم (8)

نسب التشعب لحوض وادي عربة الجنوبي

الرتبة	عدد الرتب	نسبة التشعب
1	8368	
2	1882	
3	436	4
4	109	
5	25	
6	6	6
7	1	
المجموع	10827	5

8. المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1

- أطوال رتب المجاري النهرية (Stream Order Lengths)

تبين من تحليل أطوال رتب المجاري لحوض وادي عربة الشمالي أن مجاري الرتبة الأولى هي الأقل طولاً، في حين أن طول المجرى يزداد مع زيادة رتبته، وقد بلغ مجموع أطوال المجاري في حوض وادي عربة الشمالي (19426 كم)، كما بلغ طول مجاري الرتبة الأولى (9625 كم)، بنسبة (50 %) من مجموع أطوال مجاري كامل الحوض، بمتوسط طول بلغ (0.6 كم/مجرى)، وبلغ طول مجاري الرتبة الثانية (4847 كم) بنسبة (25%) من مجموع أطوال مجاري الحوض، بمتوسط طول بلغ (1.3 كم/مجرى)، أما الرتبة الثالثة فقد بلغ طول مجاريها (2499 كم) بنسبة (13 %)، والبالغ عددها (820 مجرى)، بمتوسط طول بلغ (3 كم/مجرى)، والرتبة الرابعة بلغ طول مجاريها (1266 كم)، بنسبة (7 %)، والبالغ عددها (196 مجرى) بمتوسط طول بلغ (6.5 كم/مجرى)، والرتبة الخامسة بلغ طول مجاريها (686 كم)، بنسبة (4 %)، والبالغ عددها (49 مجرى)، أما الرتبة السادسة فقد بلغ مجموع أطوال مجاريها (244 كم)، والبالغ عددها (10 مجاري فقط) بمتوسط طول بلغت (24 كم/مجرى)، أما الرتبة السابعة فقد بلغ طول مجراها (199 كم) بمتوسط بلغ (99 كم/مجرى)، والبالغ عددها (مجرئين فقط)، وأخيراً مجرى واحد للرتبة الثامنة بطول (60 كم) شكلت الراتب السادسة حتى الثامنة ما

نسبته (1%) من مجموع أطوال جميع الرتب في المجرى المائي، ومما سبق نجد أن أكثر من نصف أطوال مجاري الحوض يتركز في الرتبة الأولى، وبقية النصف يتوزع على بقية الرتب، وكذلك نجد أن (75 %) من مجموع أطوال مجاري الحوض يتركز في الرتبتين الأولى والثانية؛ وذلك بسبب زيادة عدد المجاري فيها، أي أن معدل أطوال المجاري يزيد مع زيادة الرتبة بالنسبة لمعدل أطوال المجاري لحوض وادي عربة الشمالي كما في الجدول رقم (9).

وقد تبين أيضاً أن تكرارية المجاري (Stream Frequency) بلغت (2.3 مجاري/كم²) لجميع الرتب، في حين بلغت كثافة التصريف المائي (Drainage Density) (2 كم²/كم²) لحوض وادي عربة الشمالي .

جدول رقم (9)

أطوال الرتب ونسبها لحوض وادي عربة الشمالي

الرتبة	طول الرتبة	نسبة طول الرتبة	عدد	متوسط أطوال	نسبة أطوال
1	9625	50	1662	0.6	
2	4847	25	3648	1.3	2
3	2499	13	820	3	2
4	1266	7	196	6.5	2
5	686	4	49	14	2
6	244		10	24	2
7	199	1	2	99	4
8	60		1	60	1
المجم	19426	%100	2134	26	2

المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1

تبين من تحليل أطوال رتب المجاري لحوض وادي عربة الجنوبي أن مجاري الرتبة الأولى هي الأقل طولاً، في حين أن طول المجرى يزداد مع زيادة رتبة المجاري النهري، وقد بلغ مجموع أطوال المجاري في حوض وادي عربة الجنوبي (12163 كم)، فقد كان طول مجاري الرتبة الأولى (6562 كم)، بنسبة (54 %) من مجموع أطوال مجاري الحوض، بمتوسط طول بلغ (0.8 كم/مجرى)، وبلغ طول مجاري الرتبة الثانية (2793 كم)، بنسبة (23 %) من مجموع أطوال مجاري

الحوض، بمتوسط طول بلغ (1.5 كم/مجرى)، أما الرتبة الثالثة فقد بلغ طول مجاريها (1429 كم)، بنسبة (12 %)، بمتوسط طول بلغ (3.3 كم/مجرى)، والرتبة الرابعة بلغ طول مجاريها (736 كم)، بنسبة (6 %) والبالغ عددها (109 مجرى)، بمتوسط طول بلغ (6.8 كم/مجرى)، والرتبة الخامسة بلغ طول مجاريها (380 كم) بنسبة (3 %)، والبالغ عددها (25 مجرى)، أما الرتبة السادسة فقد بلغ مجموع أطوال مجاريها (154 كم)، بنسبة (1 %)، والبالغ عددها (6 مجاري) بمتوسط طول بلغ (25.7 كم/مجرى)، وأخيراً الرتبة السابعة مجرى واحد بطول (109 كم)، مثل ما نسبته (1 %) من مجموع أطوال كامل الحوض الجنوبي.

وقد أظهر التحليل أن أكثر من نصف أطوال مجاري الحوض يتركز في الرتبة الأولى، وبقية النصف يتوزع على بقية الرتب، وكذلك نجد أن (77 %) من مجموع أطوال مجاري الحوض يتركز في الرتبتين الأولى والثانية وذلك بسبب زيادة عدد المجاري فيها، وكلما زاد عدد المجاري زادت أطوالها، أي أن معدل أطوال المجاري يزيد مع زيادة الرتبة بالنسبة لمعدل أطوال المجاري لحوض وادي عربة الجنوبي كما في الجدول رقم (10). وقد تبين أيضاً أن تكرارية المجاري (Stream Frequency) بلغت (1.6 مجاري/كم²) لجميع الرتب، في حين بلغت كثافة التصريف المائي (Drainage Density) (1.8 كم/كم²) لحوض وادي عربة الجنوبي.

جدول رقم (10)

بيانات أطوال الرتب ونسبها لحوض وادي عربة الجنوبي

الرتبة	طول الرتبة	نسبة طول الرتبة	عدد	متوسط أطوال	نسبة أطوال
1	6562	54	8368	0.8	
2	2793	23	1882	1.5	2
3	1429	12	436	3.3	2
4	736	6	109	6.8	2
5	380	3	25	15.2	2
6	154	1	6	25.7	2
7	109	1	1	109.0	4
المجموع	12163		10827		

9. المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1

- معامل التعرج الطبوغرافي (Sinuosity factor)

أظهر التحليل أن طول المجرى الرئيسي في حوض وادي عربة الشمالي بلغ (261 كم)، في حين كان طول المجرى الرئيسي المحسوب (198 كم)، وبناء عليه نجد أن معامل التعرج للحوض الشمالي بلغ (1.3).

كما أظهر التحليل أن طول المجرى الرئيسي في حوض وادي عربة الجنوبي بلغ (117 كم)، في حين كان طول الحوض المحسوب (94 كم)، وبناء عليه نجد أن معامل التعرج للحوض الجنوبي (1.2)، ويعود سبب انخفاض معامل التعرج لحوض وادي عربة إلى كون المنطقة صدعية، فالمجري تتخذ من الصدوع مجاري لها، وبالتالي فإنها تتخذ الشكل المستقيم، وكون المنطقة صدعية فإن صخورها شديدة الصلابة مما يصعب من نحتها وتسويتها.

- ثابت بقاء المجرى المائي (Constant of Channel Maintenance)

تبين أن ثابت البقاء للمجرى المائي (Dd) يساوي (0.5)، أي لم يتبق من مساحة متاحة للمجرى المائي في الحوض الشمالي إلا بمعدل (0.5 كم²) لكل مجرى بطول (1 كم) من مساحة الحوض الكلية، فيما تبين أن ثابت البقاء للمجرى المائي في حوض وادي عربة الجنوبي بلغ (0.6)، أي لم يتبق إلا بمعدل (0.6 كم²) لكل مجرى بطول (1 كم).

4. 2 الخصائص الهيدرولوجية

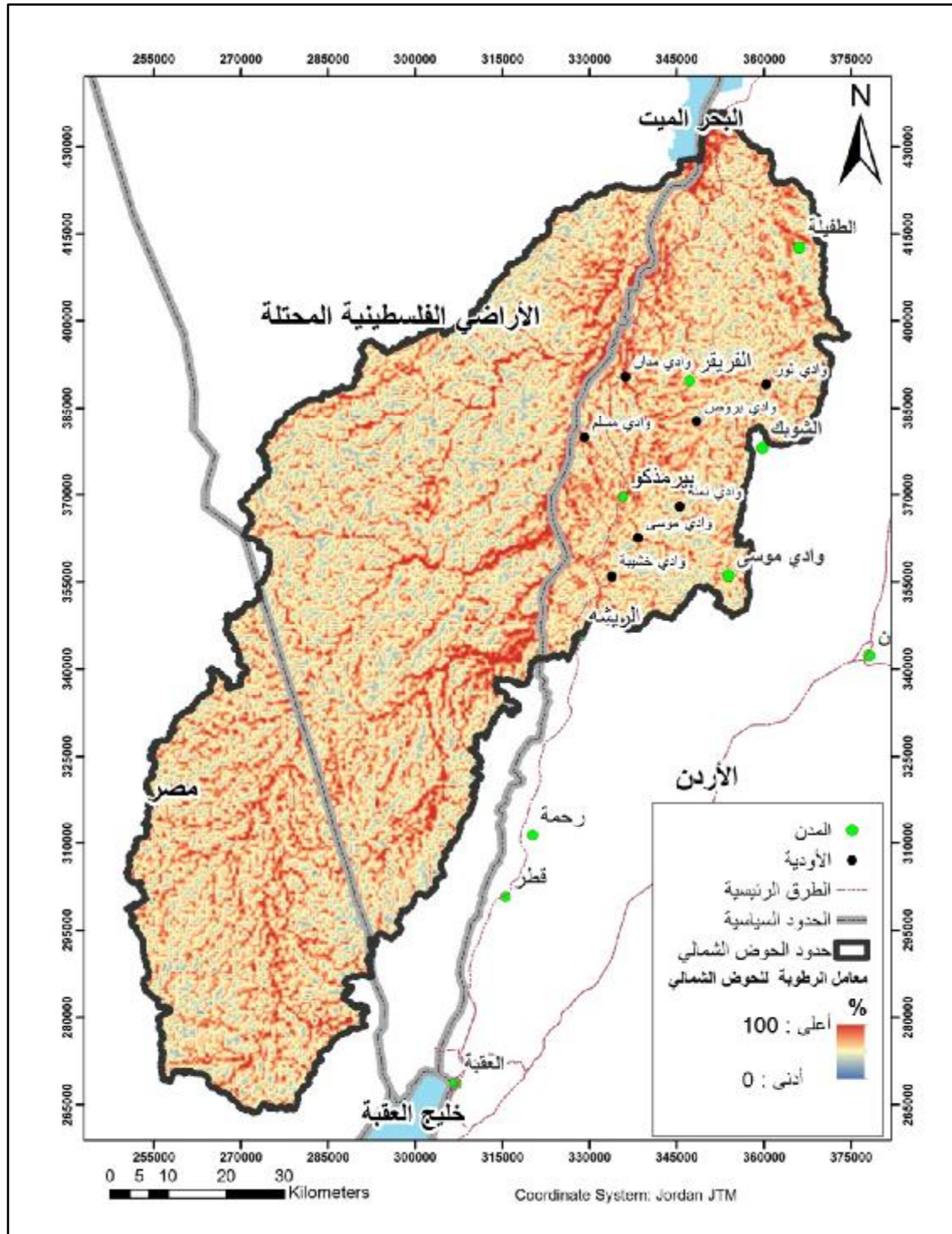
- معامل الرطوبة (Topographic Wetness Index)

يمثل معامل الرطوبة (TWI) توزيع الاحتمال المكاني لتركز الرطوبة، ويعبر عن السيطرة الطبوغرافية على العمليات الهيدرولوجية، اعتماداً على الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف المائي ممثلة بمرئية التدفق (Accumulated Flow) ونسبة الانحدار الطبوغرافي لسطح الحوض.

وقد أظهرت نتائج التحليل لحوض وادي عربة الشمالي من معادلة (Beven,1979) أن معامل الرطوبة يتركز بمنطقتين ضمن حوض وادي عربة الشمالي، الأولى في المرتفعات شديدة الانحدار في الجزء الشرقي و الشمالي

الشرقي من الحوض، وكذلك في الجزء الشمالي والشمالي الغربي من الحوض، عند أخفض نقطة لمصب الحوض، وأيضاً على طول المجاري المائية في الحوض، في حين كانت تتخفف نسب معامل الرطوبة على أكتاف الأودية والمجاري النهرية وضمن المناطق ذلت الانحدار المنخفض، كما في الشكل رقم (10).

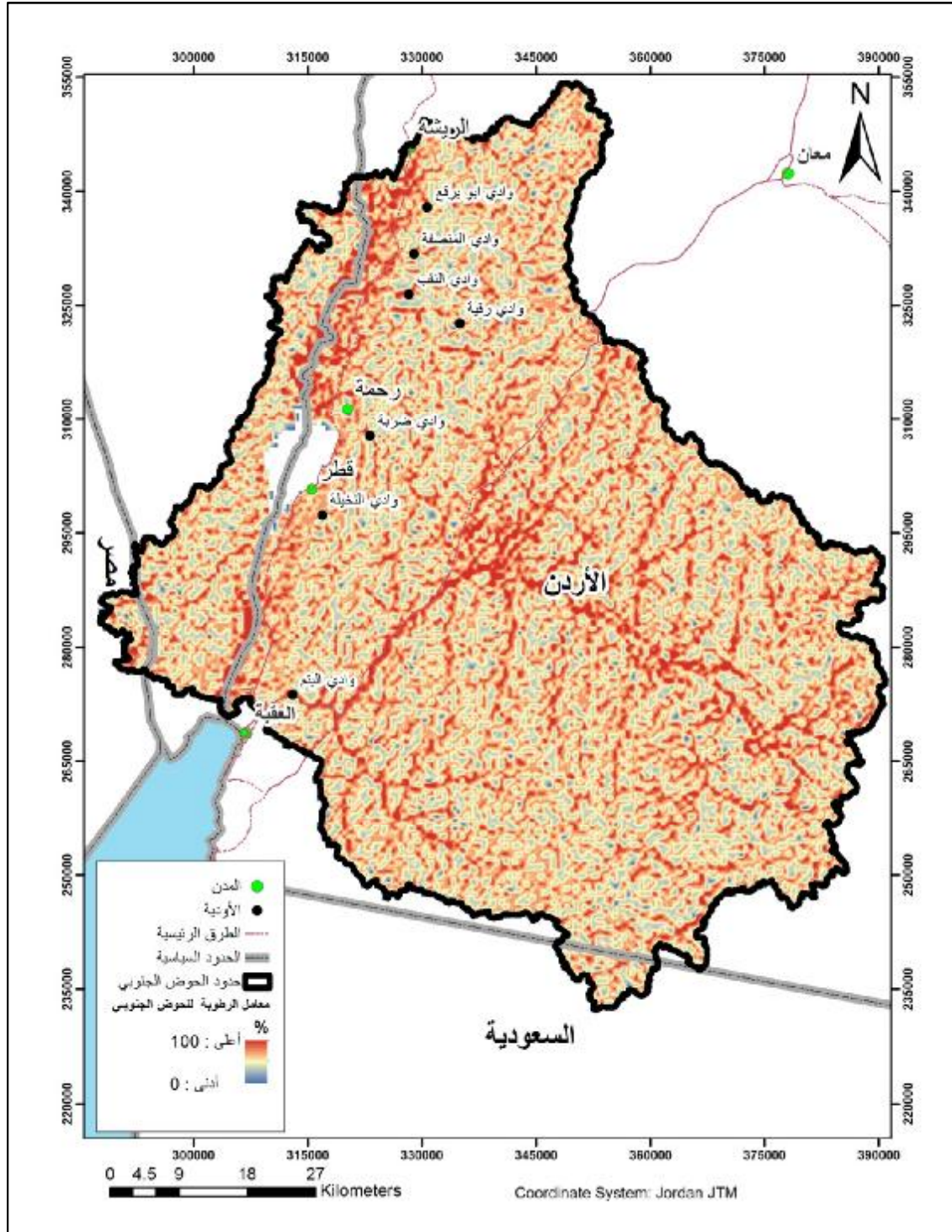
وأظهرت نتائج التحليل لحوض وادي عربة الجنوبي أن معامل الرطوبة تركز في المناطق المنحدرة و مصبات ومجاري قنوات التصريف المائي، وكذلك في منتصف وشمال أجزاء الحوض الجنوبي، فيما انخفضت نسبت المعامل في المناطق المنبسطة وعلى المجاري الأقل انحداراً، كما في الشكل رقم (11).



شكل رقم (10)

توزيع معامل الرطوبة الطبوغرافي للنحوض الشمالي

المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1



شكل رقم (11)

توزيع معامل الرطوبة الطبوغرافي للحوض الجنوبي

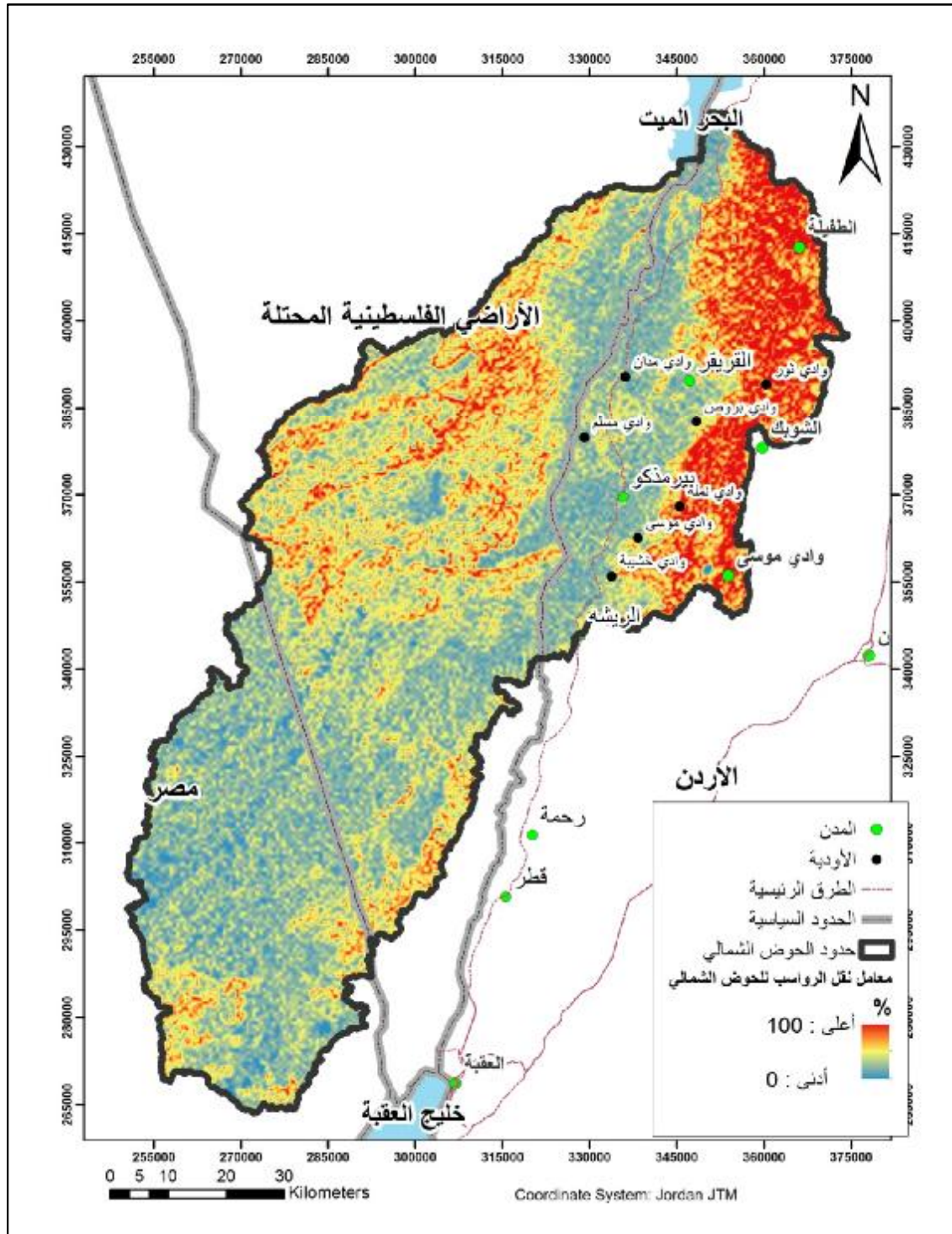
المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1

- معامل نقل الرواسب STI Sediment Transport Index

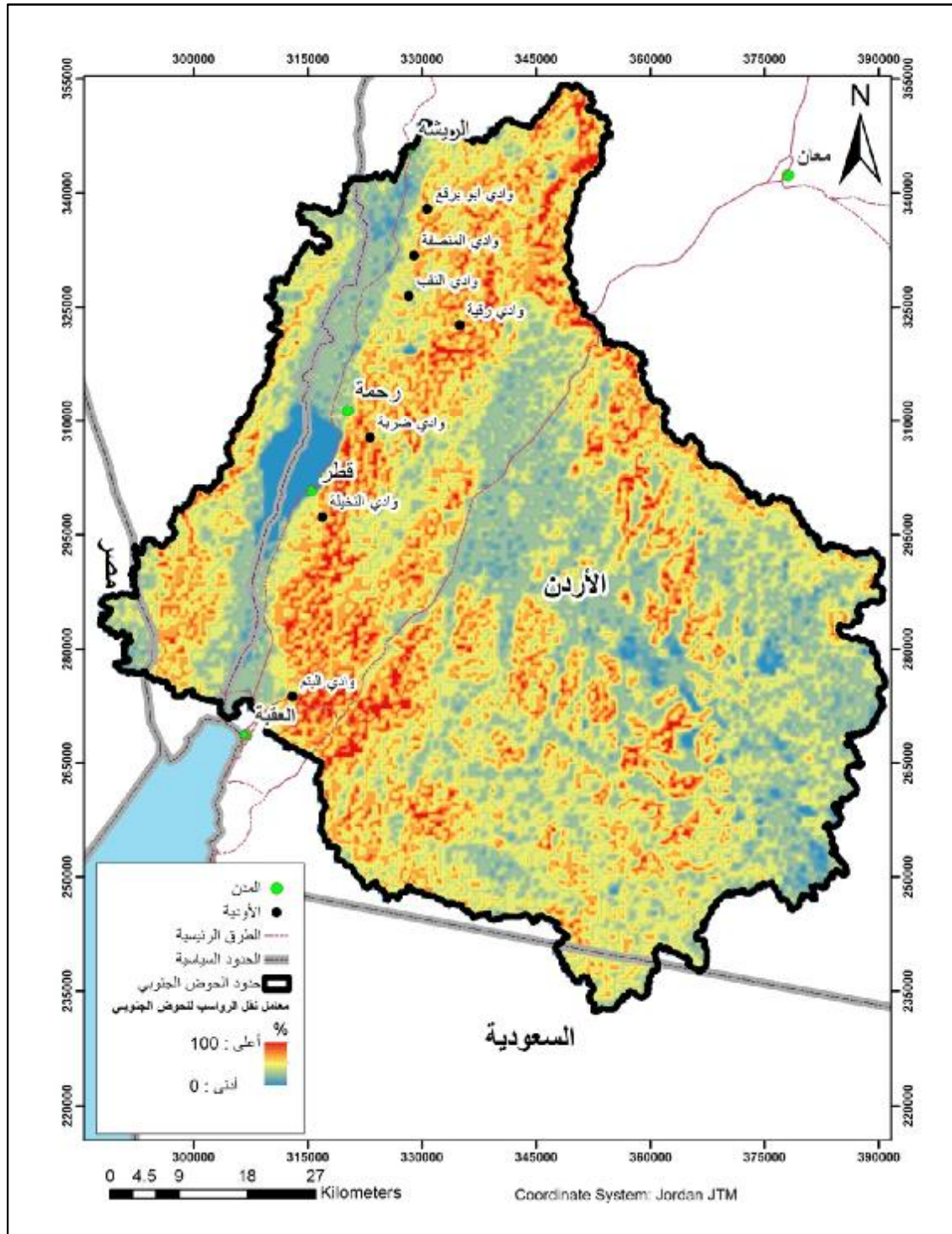
يستخدم معامل نقل الرواسب (STI) في تقييم العامل المورفومتري لمناطق تركيز الرواسب النهرية في شبكة التصريف اعتمادا على مرئية المجاري المائية ونسب الانحدار في الحوض المائي.

أظهرت نتائج التحليل في حوض وادي عربة الشمالي من معادلة (Burch,1986) أن معامل نقل الرواسب يتركز بشكل رئيسي على طول مجاري التصريف المائي للحوض الشمالي، مع تغير مقداره وتأثيره على التوزيع حسب مقدار انحراف اتجاه المجرى، وفارق الارتفاع عن سطح البحر، كما لوحظ أن معامل نقل الرسوبيات في المناطق على أكتاف الأودية ذات قيم أقل مقارنة مع القيم المجاورة لها ضمن نفس المجرى كما يوضحه الشكل رقم (12).

كما أظهرت نتائج التحليل لمعامل نقل الرواسب لحوض وادي عربة الجنوبي أن التركيز الأعلى في الحوض الجنوبي كان في مجاري التصريف أكثر من باقي المناطق داخل نفس الحوض، وتركزت القيم الأكبر في مصب الحوض مقارنة مع باقي مناطق وأجزاء الحوض المائي الجنوبي لوادي عربة كما يوضحها الشكل (13).



شكل رقم (12)
توزيع معامل نقل الرواسب للحوض الشمالي
المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1



شكل رقم (13)

توزيع معامل نقل الرواسب للحوض الجنوبي

المصدر : عمل الباحث باستخدام Arc GIS 10.4.1

- نموذج سنايدر للتدفق الهيدرولوجي (Snyder's Model)

يمثل نموذج سنايدر للتدفق الهيدرولوجي تصوراً رقمياً للدلالات الهيدرولوجية للحوض المائي وفق خصائصه المورفومترية بما يعرف بوحدة الهيدروجراف. اعتمد بناء نموذج وحدة الهيدروجراف على المعطيات الأساسية للخصائص المورفومترية للحوض الشمالي، والتي تمثلت بمساحة الحوض المائي (A)، والتي بلغت (9372 كم²)، وطول المجرى المائي (Lb) والذي بلغ (261 كم)، في حين كانت المسافة الفاصلة المحسوبة (Lca) بين مصب الحوض المائي ومركز ثقل الحوض (95 كم).

أما الحوض الجنوبي فقد تم بناء النموذج اعتماداً على المعطيات الأساسية للخصائص المورفومترية وقد بلغت مساحة الحوض المائي (6701 كم²)، وطول المجرى المائي الذي بلغ (117 كم)، في حين كانت المسافة الفاصلة المحسوبة بين مصب الحوض المائي ومركز ثقل الحوض (50 كم).

1. التدفق الأقصى للمياه في الحوض المائي (Maximum Discharge)

يمثل التدفق الأقصى في الحوض المائي المقدار الكمي لحجم المياه المتدفقة خلال وحدة الزمن.

وأظهرت النتائج أن مقدار التدفق الأقصى اعتماداً على فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (tp) أي فترة الاستجابة الأولى (Lag Time) قد بلغ (24.97 ساعة) لحوض وادي عربة الشمالي، فيما كان لحوض وادي عربة الجنوبي (16.19 ساعة)، كما أن كمية التدفق الأقصى في الحوض الشمالي (Qp) وبلغت (751 م³/ث)، في حين بلغت للحوض الجنوبي (828 م³/ث).

2. الفترة الزمنية المثالية لهطول الأمطار (Standard Duration)

أظهرت النتائج أن الفترة الزمنية المثالية لهطول الأمطار (tr) أو الفترة الزمنية الأولية لذروة هطول الأمطار والتي يبدأ عندها منسوب الجريان بالارتفاع في حوض وادي عربة هي (4.5 ساعة)، بينما بلغت لحوض وادي عربة الجنوبي (2.9 ساعة).

3. زمن القاعدة للسيل في المجرى داخل الحوض (Time Basin)

وهي الفترة الزمنية التي تمثل الفترة الأساسية (Tb) لحدوث الجريان (باليوم) وأظهرت نتائج التحليل أنها بلغت (6 أيام)، لاستجابة الحوض الشمالي في حين كانت

للحوض الجنوبي (5 يوم) كحد أقصى وكحد أدنى للأحواض المشابهة لوادي عربية، فهي تمثل أربعة أضعاف فترة الاستجابة الأولى (tp)، حيث كانت للحوض الشمالي (4 أيام) في حين كانت للحوض الجنوبي (2.7 يوم) .

4. الارتفاع التدريجي لتدفق الجريان (Rise Flow Duration)

يمثل هنا الارتفاع التدريجي لتدفق الجريان (Tm) حسب نموذج سنايدر الفترة الزمنية التي تحتاجها مياه الهطول المطري لتبدأ بالارتفاع التدريجي، وقد بلغت لحوض وادي عربية الشمالي (32 ساعة) في حين بلغت لحوض وادي عربية الجنوبي (16 ساعة).

5. الانخفاض التدريجي (Down Flow Duration)

يمثل الانخفاض التدريجي لمياه الهطول المطري (Td) حسب نموذج سنايدر ويمثل الفترة الزمنية ليعود الجريان إلى وضعه الطبيعي أي الفترة الزمنية الممتدة من ذروة التدفق إلى نهايته، وقد بلغت لحوض وادي عربية الشمالي (64 ساعة) في حين بلغت لحوض وادي عربية الجنوبي (32 ساعة).

6. التدفق الأقصى لفترة الارتفاع التدريجي (Flow Discharge R)

أظهرت نتائج التحليل أن كمية التدفق الأقصى (QTm) لفترة الارتفاع التدريجي للهطول المطري بلغت لحوض وادي عربية الشمالي (0.7 م³/ث) بعد ساعة واحدة من بداية الهطول ، في حين وجد أن كمية التدفق تصل إلى (3 م³/ث) بعد ساعة واحدة مقدره للنموذج.

7. التدفق الأقصى لفترة الانخفاض التدريجي للسيل (Flow Discharge D)

أظهرت نتائج التحليل أن التدفق الأقصى لفترة الانخفاض التدريجي (QTd) تبدأ من (183 م³/ث) لحوض وادي عربية الشمالي، في حين بلغت لحوض وادي عربية الجنوبي (13 م³/ث) في بداية انخفاض مستوى السيل. وقد أظهر التحليل أن تصريف الحوض الشمالي للهطول المطري أسرع من تصريف الحوض الجنوبي حسب نموذج سنايدر.

8. تدفق الذروة النوعي للحوض المائي (Peak Discharge)

أظهرت نتائج التحليل أن تدفق الذروة النوعي (qp) بلغ (0.08 م³/ث/كم²) في الحوض الشمالي لوادي عربية، في حين بلغ تدفق الذروة للحوض الجنوبي

0.12 م³/ث/كم²) بفارق بلغ (0.03 م³/ث لكل 1 كم² من مساحة الحوض الكلية) بين الحوضين.

9. حساب الفترة الزمنية المناسبة لارتفاع المنسوب (Duration Time)

أظهرت نتائج التحليل أن الفترة الزمنية المناسبة لارتفاع التدفق المائي (W50) عند مستوى (50%) بلغت (86 ساعة)، ما يعادل (ثلاثة أيام) وهي أقصى فترة زمنية مناسبة لتحقيق هذه النسبة، في حين بلغت لحوض وادي عربة الجنوبي عند نفس المستوى (54 ساعة) أي ما يعادل (يومين) وهي أقصى فترة زمنية مناسبة ليصل إلى نفس المستوى.

كما أظهرت النتائج أن الفترة الزمنية المناسبة لمستوى (W75) لحوض وادي عربة الشمالي بلغت (49 ساعة) في حين بلغت لحوض وادي عربة الجنوبي (31 ساعة) عند نفس المستوى.

10. تركيز الأمطار المناسب لإحداث تدفق الذروة (Maximum Participation)

أظهرت نتائج التحليل أن تركيز الأمطار (i) اعتماداً على نموذج سنايدر يصل لحدود (2.2 ملم/ساعة) على الأقل ضمن فترة زمنية مثالية قدرها (4.5 ساعة) ليبدأ أول جريان سطحي في حوض وادي عربة الشمالي، في حين أن الفترة الزمنية المحسوبة للحوض الجنوبي بلغت (2.9 ساعة)، ليصل تركيز الأمطار إلى (3.4 ملم/ساعة) في الحوض.

11. حجم تدفق السيل في الحوض (Discharge Volume)

أظهر التحليل لنموذج سنايدر أن المجموع الكلي لحجم التدفق (AL) وصل إلى 173 مليون (م³) لكامل حوض وادي عربة الشمالي، في حين وصل إلى 95 مليون (م³) لكامل حوض وادي عربة الجنوبي.

12. عمق الجريان السطحي المناسب لذروة السيل المائي (Flow Depth)

أظهر نتائج التحليل أن عمق الجريان السطحي (E) لحوض وادي عربة الشمالي بلغ (9.2 ملم)، في حين بلغ لحوض وادي عربة الجنوبي (7.1 ملم).

13. قوة السيل في الحوض المائي (Flow Factor)

أظهرت نتائج التحليل أن قوة السيل A' في حوض وادي عربة الشمالي بلغت (7.75)، في حين بلغت لحوض وادي عربة الجنوبي (10.1).

يظهر الجدول رقم (11) نموذج سنايدر الرقمي للدلالات الهيدرولوجية لحوض وادي عربة الشمالي و الجنوبي.

جدول رقم (11)

ملخص نتائج نموذج سنايدر لحوض وادي عربة الشمالي والجنوبي

الحوض	الحوض	الرمز	الوحدة	التفصيل
1.2	1.2	Ct		ثابت التباطؤ للحوض (0.2-2.2)
117	261	Lb	كم	طول المجرى
50	95	Lca	كم	طول مركز الثقل
6701	9372	A	كم ²	مساحة الحوض
2	2	Cp		ثابت احتفاظ الماء بالحوض (2-6.5)
16.19	24.97	tp	الساعة	فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار
827.64	750.54	Qp	م ³ / ث	كمية التدفق الأقصى
0.12	0.08	qp	م ³ / ث / كم ²	قيمة تدفق الذروة النوعي للحوض
53.60	85.58	W50%	الساعة	الفترة الزمنية المناسبة لارتفاع منسوب السيل 50 %
30.72	49.05	W75%	الساعة	الفترة الزمنية المناسبة لارتفاع منسوب السيل 75 %
10.11	7.75	A'		معامل قوة السيل
2.94	4.54		الساعة	الفترة الزمنية المثالية لهطول الأمطار شرط معدل مطري 25 ملم لحدوث
176.65	272.45	Tr	دقائق	جريان
2.00	4.00		الأيام	المدة اللازمة لحدوث السيل فترة الأساس بالأيام
48.00	96.00	Tb	الساعة	فترة الأساس بالساعة
16.00	32.00	Tm	الساعة	فترة الارتفاع التدريجي بالساعة
32.00	64.00	Td	الساعة	فترة الانخفاض التدريجي بالساعة
3.40	2.20	i	ملم / ساعة	تركيز الأمطار المناسبة لتدفق الذروة محسوبة
95.34	172.92	Al	مليون (م ³)	حجم تدفق السيل في الحوض المائي محسوب
7.11	9.23	E	ملم	عمق الجريان السطحي المناسب لذروة تدفق السيل
1	1	T	بالساعة	الزمن التقديري للارتفاع
24	24	T	بالساعة	الزمن التقديري للانخفاض
3.23	0.73	QTm	م ³ /ث	كمية تدفق السيل للفترة الزمنية التي يستغرقها السيل للوصول إلى أقصاه
12.93	183.24	QTd	م ³ /ث	كمية التدفق الأقصى المناسب لفترة الانخفاض التدريجي للسيل

المصدر : عمل الباحث باستخدام نموذج سنايدر

3.4 النتائج والتوصيات

- النتائج

يمكن تلخيص نتائج البحث بما يلي :

1. يتكون حوض وادي عربة من حوضين رئيسيين مستقلين عن بعضهما البعض، الحوض الشمالي بمساحة تبلغ (9372 كم²) تصب شبكة تصريف مجاريه في البحر الميت، والحوض الجنوبي بمساحة تبلغ (6701 كم²) يلتقي مصبه مع مصب وادي اليتم وينتهي في خليج العقبة، بلغت المساحة الإجمالية لحوض وادي عربة (16073 كم²).
2. تبلغ مساحة حوض وادي عربة التي تقع خارج الحدود الدولية الأردنية (7482 كم²)، وهي تمثل ما نسبته (46.5 %) من المساحة الكلية، وتقع ضمن أراضي المملكة العربية السعودية والأراضي الفلسطينية المحتلة وجمهورية مصر العربية.
3. بلغ أقصى طول للحوض الشمالي للحوض الشمالي (188 كم)، فيما بلغ أقصى طول للحوض الجنوبي (114 كم)، يمتاز الحوض الجنوبي بأنه أعرض من نظيره الشمالي حيثُ بلغ أقصى عرض له (92 كم)، في حين بلغ عرض الحوض الشمالي (81 كم).
4. أظهرت الدراسات المورفومترية المساحية أن محيط حوض وادي عربة الشمالي بلغ (730 كم)، في حين بلغ المحيط للحوض الجنوبي (563 كم)، بفارق (167 كم) بين أطوال محيطهما.
5. أظهرت حسابات معامل الشكل للحوضين الشمالي والجنوبي ضعف بتناسق وتخرج في شكل محيط الحوضين؛ ومرد ذلك إلى أن حوض وادي عربة نشأ بفعل تأثير عوامل جيولوجية تكتونية وعوامل طبيعية، حيث بلغ معامل الشكل (0.3) للحوض الشمالي، في حين بلغ معامل الشكل للحوض الجنوبي (0.5).
6. أظهرت الخصائص المورفومترية الشكلية أن الحوضين بعيدان عن الشكل الدائري، حيث بلغ معامل الاستدارة للحوض الشمالي (0.2)، في حين بلغ للحوض الجنوبي (0.3)؛ ومرد ذلك إلى ارتفاع خصائص التضرس في البنية

الجغرافية السطحية للحوضين، بالإضافة لزيادة كثافة الصدوع والشقوق التي تؤثر على محيط الحوضين، دافعة بذلك مجاري الـرتب الأولى والثانية إلى النحت التراجعي نحو خطوط تقسيم المياه.

7. أظهرت الدراسة المورفومترية الشكلية لحوض وادي عربية أن تأثير الحركات الأرضية وتكون حفرة الانهدام كان لها دور أساسي في تشكل الوادي، وأن الظروف الطبيعية أسهمت في تشكيل سطحه الطبيعي، وأوجدت حالة استقرار نسبي في التوازن بين عوامل التشكل السطحي للحوض الشمالي أكثر منها للحوض الجنوبي الذي في ما زال في طور تكونه.

8. خلصت نتائج الحسابات المورفومترية الشكلية إلى أن أحواض وادي عربية الشمالي والجنوبي، تميل للاستطالة و التفلطح أكثر من ميلها للأشكال المنظمة أو الدائرية مع ارتفاع معامل الاستطالة المحسوب، الذي بلغ للحوض الجنوبي (0.8)، في حين بلغ للحوض الشمالي (0.6)، وبلغ معامل التفلطح للحوض الشمالي (3) وللحوض الجنوبي (1.5)، وهي قيم مرتفعة نسبياً ومؤشراً على تأثيره بانجرافات شديدة؛ بسبب السيول والعواصف المطرية قصيرة المدى، بالإضافة لتباين الفارق بين معدل درجات الحرارة في فصول الصيف عنها في الفصول الماطرة.

9. أظهرت الدراسة الفارق الكبير في قيم التضرس بين الحوضين الشمالي والجنوبي، حيثُ بلغ للحوض الشمالي (2130م) بمدى تراوح بين أقصى منسوب عند (1730 م) عن مستوى سطح البحر إلى أدنى منسوب بلغ (-400 م) تحت مستوى سطح البحر، في حين بلغ التضرس للحوض الجنوبي (1819 م) بمدى تراوح بين أقصى ارتفاع بلغ (1827 م) عن مستوى سطح البحر وأدنى ارتفاع بلغ (8 م) فوق مستوى سطح البحر؛ ويعود ذلك إلى تأثير حفرة الانهدام الأردنية والحركات التكتونية على طول صدع البحر الميت.

10. أظهرت الدراسة المورفومترية لحوض وادي عربية أنه في مراحل المتقدمة من النضج التكويني لسطحه، من حيث تأثير عوامل الحت والتعرية عليه فلقد بلغ

المعامل الهيسومتري للحوض الشمالي (0.4) في حين بلغ للحوض الجنوبي (0.46).

11. أظهرت الدراسات التحليلية للعلاقة بين نسب المساحات لفئات الانحدار لسطح الحوضين الشمالي والجنوبي فارقاً كبيراً بينهما، حيثُ احتلت المساحات ذات الانحدار القليل والمناطق السهلية، والتي لا تتجاوز زاوية انحدارها (15 إلى 20 درجة) ما نسبته (88 %) للحوض الشمالي و(82 %) للحوض الجنوبي، في حين كان نصيب الفئة الثانية التي تشكل المناطق الهضبية، والتي تتراوح درجات انحدارها بين (30 إلى 35 درجة) ما نسبته (9 %)، للحوض الشمالي و(14 % للحوض الجنوبي من المساحة الكلية و ما تبقى كان من نصيب المساحات شديدة الانحدار وهي تمثل المناطق الجبلية، ويُعزى هذا التباين بين الحوضين الشمالي والجنوبي إلى قرب الحوض الشمالي من حفرة الانهدام الأردنية وتأثره بقوى الشد والإزاحة الجانبية (باتجاه شمال جنوب) مقارنةً بالبعد النسبي للحوض الجنوبي، بالإضافة إلى ما وصل إليه الحوضان من مراحل متفاوتة في النضج والاستقرار السطحي.

12. أظهرت نتائج تحليل التضاريس النسبية للحوضين، أن الحوض الشمالي حظي بمعدل تضرس بلغت (11 م) لكل (1 كم) من طوله، مع توزيع لتضاريسه بلغت (2.9 م) لكل (1 كم) من محيطه، في حين بلغت التضاريس النسبية للحوض الجنوبي (16 م) لكل (1 كم) من طوله مع توزيع لتضاريسه بلغت (3.2 م) لكل (1 كم) من محيطه.

13. خلصت نتائج دراسة شبكة التصريف المائي لحوض وادي عربة أن الحوض الشمالي يتكون من ثمان رتب مكونة من (21349 مجرى) شكلت الرتبة الأولى ما بنسبة (78%) من العدد الكلي للمجري، في حين كان نصيب الرتبة الثانية والثالثة ما نسبته (21%) من عدد المجاري الكلي، في حين وتوزعت نسبة (1 % المتبقية على باقي الرتب من الرابعة حتى الثامنة بنسبة تشعب لكامل الحوض بلغت (4 مجاري بمجموع أطوالها الكلية بلغت (19426 كم) بمتوسط طول للرتبة الأولى بلغت (0.6 كم)، ومعامل تعرج بلغ (1.3) من طول

الحوض الشمالي، في حين أن الحوض الجنوبي تكون من سبعة رتب مكونة من (10827) مجرى حظيت الرتبة الأولى بنسبة (77%) من العدد الكلي للمجري في حين كان نصيب الرتبة الثانية والثالثة ما نسبته (21 %) من تكرارية المجاري الكلية وتوزعت نسبة (2 %) المتبقية على باقي الرتب من الرابعة حتى السابعة بنسبة تشعب لكامل الحوض بلغت (5) بمجموع أطوالها الكلية بلغت (12169 كم) بمتوسط طول للرتبة الأولى بلغت (0.8 كم) ومعامل تعرج بلغ (1.2) للحوض الجنوبي.

14. أظهرت الدراسة أن معامل الرطوبة (TWI) الذي يمثل قابلية المجاري المائية للاحتفاظ بالرطوبة في الفصول الماطرة يتركز في المرتفعات شديدة الانحدار وعند أخفض نقطة لمصب الحوض، وأيضاً على طول المجاري المائية، في حين أظهر معامل نقل الرواسب (STI) أن أكتاف الأودية الشرقية ومصبات المجاري هي الأوفر حظاً بنقل الرواسب من باقي نظام التصريف في وادي عربة للحوضين الشمالي و الجنوبي.

15. وخلصت نتائج تطبيق نموذج سنايدر الهيدرولوجي (منحنى وحدة الهيدروجراف) في حوض وادي عربة إلى أن كمية التدفق الأقصى بلغت (751 م³/ث و 828 م³/ث) للحوضين الشمالي والجنوبي.

16. وخلص نموذج سنايدر الهيدرولوجي إلى أن الارتفاع التدريجي لمستوى الجريان المطري يبدأ بعد (24.97 ساعة) وينخفض بعد (64 ساعة) للحوض الشمالي من بداية الهطول، في حين يبدأ للحوض الجنوبي بعد (16.19 ساعة) وينخفض بعد (32 ساعة) من بداية الهطول، ليصل بعدها حجم التدفق الكلي إلى (172.9 مليون م³) في الحوض الشمالي، في حين يصل في الحوض الجنوبي إلى (95.34 مليون م³)، في حين أظهر النموذج الهيدرولوجي أن قوة السيل للحوض الشمالي بلغت (7.75)، في حين بلغت للحوض الجنوبي (10.11).

التوصيات

من خلال النتائج التي تم التوصل إليها في هذه الدراسة فإن الباحث يوصي بما

يلي:

- 1- ضرورة توظيف تقنية نظم المعلومات الجغرافية في الدراسات المورفومترية المتعلقة بالخصائص والهيدرولوجية لأحواض التصريف من خلال الاستعانة بصور الأقمار الصناعية ومرئيات الارتفاعات الرقمية لما من دورها الفاعل في إخراج نتائج أكثر دقة .
- 2- العمل على تكثيف استخدام مصادر البيانات الحديثة المتمثلة في (المرئيات الفضائية ونموذج الارتفاعات الرقمية) DEM في الدراسات المورفومترية كأساس في بناء قواعد البيانات المورفومترية
- 3- إجراء دراسات أكثر تفصيلاً لحوض وادي عربة ودراسة تأثير السيول و الفيضانات على مدينة العقبة مستقبلاً .
- 4- الاعتماد على الخصائص المورفومترية في استخلاص الدلالات الهيدرولوجية في حال غياب محطات الرصد الهيدرولوجي كما هو الحال في أنظمة الأودية الجافة .
- 5- إجراء دراسة تفصيلية للأحواض الفرعية وتطبيق نماذج الهيدروجراف لتحليل الجريان السطحي في كل حوض فرعي وتحديد أي المناطق ضمن أحواض وادي عربة تشكل مصدراً مؤملاً للمياه السطحية.

المراجع

المراجع العربية

- أبو العينين، أحمد. (1995). أصول الجيومورفولوجيا: دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض، مؤسسة الثقافة الجامعية، الإسكندرية، مصر.
- البسام، عبد العزيز محمد. (2013). أهمية المعلومات الهيدرولوجية والهيدرولوجية في تقوى م الوضع، جامعة الملك سعود، المملكة العربية السعودية.
- تيم، فيروز كامل. (2015). حوض وادي زقلاب -الأردن- دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الإسلامية، غزة.
- الحسبان، يسرى وآخرون. (2015). الخصائص المورفومترية لحوض نهر الزرقاء في الأردن باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ونموذج التضرس الرقمي، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان.
- الدليمي، خلف حسين. (2000). الجيومورفولوجيا التطبيقية: علم شكل الأرض التطبيقي، الأهلية للنشر، الأردن.
- الرشدان، محمود. (1987). الخارطة الجيولوجية لوادي عربة - العقبة ، مقياس رسم 1:50000، سلطة المصادر الطبيعية، مطبعة المركز الجغرافي الملكي، عمان، الأردن.
- الزريقات، علاء الدين عبد القادر. (2004). مورفولوجية حوض وادي راجب، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان.
- الصالح، محمد عبد الله. (1992). طرق قياس المتغيرات في أحواض التصريف، دراسة علمية محكمة رقم (25) ، جامعة الملك سعود، السعودية.
- عابد، عبد القادر. (1982). جيولوجيا الأردن، مكتبة النهضة الإسلامية، عمان.
- علاجي، آمنة بنت أحمد. (2010). تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية في حوض وادي يلملم، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة أم القرى، السعودية.
- العمري، عبد المحسن. (2011). الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف في منطقة كريتز-عدن باستخدام معطيات نظم

المعلومات الجغرافية، بحث غير منشور، ندوة بوابة اليمن الحضارية، كلية النفط والمعادن - عدن ، اليمن .

الغيلان، حنان. (2008). دور نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي لبن، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة الملك، السعودية.

محسوب، محمد صبري. (2001). جيومورفولوجيا الأشكال الأرضية، جامعة القاهرة، دار الفكر العربي، مصر.

المغازي، باسم عبد الرحمن. (2015). الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسى باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية)، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الإسلامية، غزة-فلسطين المحتلة.

منشورات الجمعية الألمانية لتعليم الكبار (international dvv) بالشراكة مع معهد الملكة زين الشرف التنموي. (2013). قضاء وادي عربة، تقرير منهجية بحث، الأردن.

وزارة التخطيط والتعاون الدولي. (2015). قضاء وادي عربة - محافظة العقبة، تعزيز الإنتاجية (إرادة)، عمان، الأردن.

-المراجع الأجنبية-

- Ali El-Naqa ,Nezar Hammouri ,and others.(2009)," Integrated Approach for Groundwater Exploration in Wadi Araba Using Remote Sensing and GIS", *Jordan Journal of Civil Engineering*, Volume 3, No. 3 ,pp.120-132.
- Ali, S. and Khan, N.(2013), "Evaluation of Morphometric Parameters-Remote Sensing and GIS Based Approach", *Open Journal of Modern Hydrology*, Department of Geology, Aligarh Muslim University, India, 3:20-27.
- Al-Saedi, Z. J. and Mohmad, Y. S. (2013), "Using GIS Techniques to Study Morphometric Characteristics for Wadi Al-Mlusi/Western Iraq", *Eng and Tech Journal*, 31 (2): 296-306.
- Angillieri, M. Y. E. (2008), "Morphometric analysis of Colonguol River and Flash Food Hazard", *Environ Geol, San Juan*, Argentina 55: 107- 111.
- Beven & Kirkby, (1979), "A physically based variable contributing area model of basin hydrology", *Hydrol. Sci. Bull.*, 24, pp. 43–69.
- Chaitanya,(2014), "**GIS based quantitative morphometric analysis and its consequences: a case study from Shanur River Basin**", Maharashtra, India.
- Chorley, R.J., (1957), "Illustrating the laws of Morphometry", *Geological Magazine*, v. 94,pp. 140-150.
- Chow, V.T.. Preface, p. ix-x. In V.T. Chow, (ed.) ,(1964),"**Handbook of applied hydrology--a compendium of water-resources technology**", McGraw-Hill Book Co. , New York.
- Greenlee, D. D.,(1987), "Raster and vector processing for scanned line word", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 53, No. 10, pp.116-124.
- Horton, R.E. (1945), "Erosional development of streams and their drainage density: hydro physical approach to quantitative geomorphology". *Geol. Soc. Amer. Bull.*, no.56, pp.275-370.
- Horton, R.E.,(1932), "Drainage basin characteristics", *Transactions of American Geophysical Association*, v. 13, pp. 350- 361.
- Maryline Le Béon and others, (2012)," Quaternary morphotectonic mapping of the Wadi Araba and implications for the tectonic activity of the southern Dead Sea fault", *TECTONICS*, VOL. 31, TC5003.
- Miller, V. C. (1953). "A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee". Technical Report No. 3, *Department of Geology*, Columbia University, New York.

- Moore I.D., Lewis A., Gallant J.C. (1993), "Terrain attributes: estimation methods and scale effects", in A.J. Jakeman et al. (editors): **Modeling change in environmental systems**, p. 189-214.
- Raghunath, H.M.,(2006), **Hydrology Principles**, 2nd edition, Water Resource Evaluation, Manipal, New Delhi.
- Schumm, S.A. (1956). "The evolution of drainage systems and slopes in bad lands at Perth, Amboi", New Jersey. **Geol. Soc. Ame. Bull.** 67 (5), pp. 597-646.
- Snyder W.M.,(1938), "Hydrograph Analysis by Method of Least Squares Proc", *ASCE*, Vol. 81, Sep. 793, Sept. 1955.
- Strahler , A. N .(1964)," Quantitative geomorphology of drainage basin s and channel networks", Sec. 4, pp. 39-76. In V.T. Chow, (ed.), **Handbook of applied hydrology--a compendium of water-resources technology**. McGraw-Hill Book Co ., New York.
- Strahler AN, (1957) ,"Quantitative analysis of watershed geomorphology", *Trans .Am. Geophysics Union*, 38:913–920 .
- Y.Klinger and Avouac (2000),"Seismic behavior of dead sea fault in Wadi Araba Jordan valley", *geophysics J Int.* Vol.31,pp.55-65

Sites :

- SRTM-Virtual Terrain Project (vterrain.org/elevation/SRTM).
- (SRTM) Shuttle Radar Topographic Mission.
<https://www.google.jo/ MAPS>.
<http://www.esri.com/what-is-GIS> , Environmental Systems Research Institute.
<http://GIS4geomorphology.com/topographic-index-model/>

المعلومات الشخصية

الاسم: هشام محمود الزيود

التخصص: ماجستير نظم المعلومات الجغرافية GIS

الكلية: العلوم الاجتماعية

السنة: 2017